198

<36600533420019

<36600533420019

Bayer. Staatsbibliothek

Phys. g. 439.

Phys.
System. p. 193. No. 459.

Anfangsgründe

der Physik

und

angewandten Mathematik

verfaßt

von

Thaddä Siber,

Professor der Physik, angewandten Mathematik und Chemie
an dem Königl. Lyzeum zu München.

Mit fünf Kupfertafeln.

Zweite, ganz umgearbeitete Auflage.

Landshut, 1815.

bei Philipp Krüll, Universitätsbuchhändler.

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS.

Qui formas rerum novit, is unitatem in materiis dissimillimis complectitur.

Averroes.

Staatsbibliothek
München

Den

Hochwürdigen und Wohlgebohrnen

HERREN

dem Königl. geistl. Rathe, Canonicus zu U. L. F. und frequentirenden Mitgliede der k. Akademie der Wissenschaften in München, Ritter des Civil-Verdienstordens der baier'schen Krone, ꝛc.

Maximus von Imhof

und

dem Königl. geistl. Rathe, und Stadtpfarrern in Wembding, ꝛc.

Gabriel Knogler

seinen

Lehrern, Vorgängern im Lehramte und Freunden

als ein Beweis

seiner

Achtung und Dankbarkeit

gewidmet

v. d. Verfasser.

Vorrede.

Ich übergebe dem Publikum diese zweite Auflage meines Vorlesebuches, von welchem die erste unter dem Titel: Leitfaden zu Vorlesungen über Naturlehre und angewandte Mathematik im Jahre 1805 zu Passau erschienen ist.

Das Buch hat an der Bogenzahl wenig, aber wohl, wie ich glaube, an dem Inhalte gewonnen. Es ist ganz umgearbeitet, und selbst in seinen Grundlagen anders geworden.

Da es vorzüglich zum Gebrauche bei meinen Vorlesungen bestimmt ist, und ich die allgemeine und physikalische Chemie in besondern Stunden, und den Candidaten des I. philosophischen Curses vorzutragen habe, so blieb bei dieser Auflage Alles weg, was eigenthümlich der Chemie angehört, so weit es sich nämlich thun ließ, ohne die Ordnung, den Zusammenhang, und die Vollständigkeit des Vortrages über Physik zu stören.

Der mathematische Theil wurde aber beträchtlich vermehrt, wie dieses eine leichte Vergleichung mit der ersten Ausgabe ohne meine Bemerkung von selbst zeigt. Besonders sind die statischen Wissenschaften, welche in der ersten Ausgabe nur in Form von Thesen (nach Knogler's Elemente der angewandten Mathematik. Ingolstadt 1796) eingeschaltet waren, ausführlich behandelt und die (freilich nur allererſten) Anfangsgründe der Maschinenlehre hinzugesetzt worden.

Ich glaube, man werde es mir nicht zum Vorwurfe machen, daß ich durch die mathematische Behandlung der Physik von der herrschend

geworbenen Gewohnheit abgewichen bin; würde ihn aber gerne auf mich nehmen, weil ich überzeugt bin, daß jeder gründliche Denker meine Gründe dafür kennt, und gerne unterschreiben wird.

Daß ich mir die Natur nicht als ein absolut Todtes denken kann, werden mir wohl Wenige verargen. Viele, hoffe ich, werden damit zufrieden seyn, daß ich die Natur nach den Stufen ihres fortschreitenden Andranges zur Lebendigkeit zu beachten gesucht habe. Absoluter Gegensatz des Lebens (absoluter Tod) ist undenkbar, und wenn uns schon die unorganische Natur als todt erscheint, so darf man wohl doch nicht vergessen, daß dieser erscheinende Tod nur scheinbar ist, daß die Thätigkeiten nur den Gegensatz erwarten, durch dessen Gegenwirkung sie hervortreten, um, wenn auch nicht zum wirklichen Leben des Organischen, doch zu einem Analogon desselben, dessen das Individuum fähig ist, zu erstehen. Deswegen schreiten die verschiedenen Stufen des Unorganischen immer zu höherer Beweglichkeit fort, und, während wir die Ge-

schwindigkeit auf der niedrigsten Stufe nach einzelnen Fußen messen, finden wir auf der höchsten Stufe nur Millionen zum Maasstabe anwendbar; während wir umgekehrt auf der niedrigsten Stufe das Gewicht nach Pfunden bestimmen, kennen wir kein Mittel, es auf der höchsten auch nur beiläufig zu messen.

Hypothesen und hypothetische Stoffe habe ich, so viel es immer möglich war, vermieden, und umgangen, weil ich es mir zur Pflicht rechnete, die Natur in ihrer Einfachheit aufzufassen, und vielmehr die Gesetze, nach welchen sie wirkt, als die Vermuthungen, welche man denselben untergelegt hat, darzustellen. „Die Auffindung der Gesetze, nach welchen die Erscheinungen verknüpfet sind, ist die wahre Aufgabe der Wissenschaft; aller Gesetze Ursprung ist der Geist, der nicht die Erscheinungen selbst zur Grundlage seiner Erklärungen machen darf.“

(Jen. allg. Lit. Zeit. 1813. S. 45.)

Soldner hat daher gewiß nicht Unrecht, wenn er sagt, „es wäre sehr zu wünschen, daß

Physiker

Physiker sich blos damit begnügten, die Modificationen der Körper, welche ihre gegenseitigen Wirkungen unter diesen und jenen Umständen hervorbringen, und die Gesetze dieser Modificationen zu erforschen .... Diejenigen sogenannten physikalischen Erklärungen der Phänomene, wozu man Wärmestoff, Lichtstoff, Feuerstoff, Gravitationsstoff (Dinge, die Niemand kennt) und wer weiß, was noch für Phantome erschaffen muß, schaden der Wissenschaft unendlich viel. Man bildet sich ein, durch solche Dinge Etwas zu wissen, und weiß Nichts."

Die hier einschlägige Literatur habe ich ganz übergangen, weil es dem Anfänger immer lästig seyn muß, ein Bücherverzeichniß in seinem Vorlesebuche mitzukaufen; nie aber habe ich die Männer verschwiegen, welchen wir Entdeckungen oder Betrachtungen über sie zu verdanken haben. Wer so ein Bücherverzeichniß zu besitzen wünscht, findet es beinahe in allen übrigen Vorlesebüchern, und am neuesten in Suckow's Anfangsgründen der Physik und Chemie. 1814.

Man sieht es übrigens wohl der Bogenzahl, und der ganzen Anlage dieses Buches an, daß es mir nicht um's Buchmachen zu thun war. Im Gegentheile kann ich aufrichtig versichern, daß ich es nie geschrieben haben würde, wenn mir ein anderes Compendium bekannt geworden wäre, welches ich zu dem vereinigten Vortrage über Physik und angewandte Mathematik in dem mir angewiesenen Wirkungskreise geeignet hätte finden können.

München, im September
1814.

der Verfasser.

Einleitung.

Die Natur (φύσις) ist im höchsten Sinne des Wortes gleichbedeutend mit der Welt, dem Universum (κόσμος), und umfaßt daher in dieser Bedeutung alles Erscheinende, und alles Wirkende im Universum. Man ist gewohnt, die Totalität der Erscheinungen unter dem Namen der Natur in materieller, die Totalität des zu und in den Erscheinungen Wirkenden unter dem Namen der Natur in formeller Bedeutung zusammenzufassen. — Die Alten nannten diese die Natura naturans, jene die Natura naturata.

Man sieht leicht, daß die Natur in materieller Bedeutung (natura naturata) zu ihrem Gegenstande alles das haben müsse, was Gegenstand der Erfahrung ist, folglich entweder nur unter der Form der Zeit, oder unter der Form der Zeit und des Raumes zugleich erscheint.

In dieser Ausdehnung heißt die Lehre von ihr (Naturlehre) im weitesten Sinne des Wortes Physiologie, und umfaßt alle Erscheinungen, welche sowohl mit den innern, als mit den äussern Sinnen wahrgenommen werden können.

Man trennte diese beiden Arten der Erscheinung sehr richtig, und erhielt durch diese Trennung eine Naturlehre

A. der denkenden Natur unter dem Namen der Psychologie (Seelenlehre),

und eine Naturlehre

B. der ausgedehnten Natur.

Die Naturlehre hatte aber auch jezt noch bei immer wachsender Erweiterung der Kenntnisse und der Erfahrungen ein zu weites Feld; denn sie begriff noch Organisches (Selbstbewegendes) und Unorganisches (scheinbar Todtes) in sich. Man theilte sie daher neuerdings in Naturlehre

a) des Organischen, die man Physiologie im engern Sinne des Wortes nannte, und welche sich wieder nach den verschiedenen Stuffen der Selbstbewegung abtheilte in die Physiologie des Menschen, der Thiere, der Pflanzen, und in die Naturlehre

b) des Unorganischen, in dem alle Selbstbewegung aufgehört hat, alles Leben erstorben scheint, ohne daß deßwegen der Andrang zum Leben, und eine stuffenweise Annäherung zu dem wahren Leben aufgehört hätte.

Dadurch blieben noch zwei sehr grosse Abtheilungen im Felde der Naturlehre des Unorganischen. Sie mußte die Gegenstände sowohl nach ihren permanenten, als nach ihren transitorischen Erscheinungen kennen lernen, dieselben in gewisse Klassen, Ordnungen u. s. w. bringen, und die Erscheinungen zu er-

klären suchen. Man bezeichnete die Lehre von den permanenten Erscheinungen des Unorganischen mit dem Namen

α) der Naturbeschreibung (gewöhnlich Naturgeschichte in ihren Abtheilungen „Zoologie, Botanik und Mineralogie" genannt).

β) Die Lehre von den transitorischen Erscheinungen aber behielt nun ausschliessend den Namen der Naturlehre oder Physik.

Somit ist denn ihr Gegenstand a) Aufzählung der Naturbegebenheiten, und b) Versuch, die zureichenden Gründe derselben aufzufinden.

Dazu führt uns theils die Erfahrung, theils die Vernunft. Die erste führt auf dem Wege der Beobachtungen und der Versuche, d. i. durch Wahrnehmungen der Naturbegebenheiten, welche sich uns entweder ohne unser Mitwirken, und unabhängig von unserer Willkühr darstellen, oder nur in gewissen von uns herbeigeführten Umständen erscheinen.

Um Versuche zu machen, bedürfen wir Instrumente und Maschinen, für deren Reinlichkeit, Einfachheit und Zweckmässigkeit nicht genug gesorgt werden kann. Von Seite des Beobachters und Versuchmachers ist Unpartheilichkeit, Vorurtheilslosigkeit und Anwendung aller möglichen Vorsicht unnachläßliche Pflicht. Selbst bei der Vorzüglichkeit der Instrumente und bei allen Eigenschaften des Versuchmachers darf aber nie vergessen werden, daß alle unsere Versuche

in Beziehung auf die große Natur nur Argumente a minimo ad maximum, und Fragen an die Natur sind, welche gehörig gestellt seyn müssen, wenn die Natur uns verständlich antworten soll.

Die Vernunft führt uns a) durch Deductionen, b) Analogie, c) Induction, d) Hypothesen. — Der Werth einer Deduction muß ja nicht nach dem dermaligen Stande der Empirie beurtheilt werden, welche immer noch zu weit zurück ist, um sogleich das Deducirte nachweisen, oder widerlegen zu können. Die Vernunft hat das Recht, Erfahrungen zu anticipiren. Analogie und Induction haben nur einen comparativen Werth, und führen daher nie zu absoluter Gewißheit. Mißbrauch derselben hat schon manchen später aufgedeckten Irrthum in die Naturlehre gebracht. — Hypothesen müssen so wenig als möglich in der Naturlehre angewendet werden. Sie sind nur die Lückenausfüller in den Fällen, wo uns Alles verläßt, und wir uns daher mit Vermuthungen begnügen müssen. Es läßt sich übrigens nicht läugnen, daß ihre blendende Reihe ein interessanter Beweis für das Streben des menschlichen Geistes zur Einigung der einzelnen Theile der Naturlehre ist. Allein eben so wenig läßt sich der Nachtheil verkennen, welchen sie in die Naturlehre gebracht haben.

Die Physik, welche uns aus diesen beiden Quellen hervorgeht, kann die unorganische Natur nicht als ein absolut Todtes betrachten, sondern erkennt überall wenigstens den Andrang zum Leben, und findet das Fortschreiten, und die Steigerung desselben in den ver-

schiedenen Formen, und der ihnen eigenen Beweglichkeit, welche von Stuffe zu Stuffe wächst.

Die unendliche Reihe dieser Stuffen läßt sich aber füglich auf 5 Hauptstuffen zurück führen, inner welchen tausend und abermal tausend Mittelstuffen liegen.

Diese Stuffen geben uns

1. feste Körper,
2. tropfbar flüssige Körper,
3. elastische Flüssigkeiten (ausdehnbare Stoffe),
4. das Sonnenlicht, und analog demselben jede Lichterscheinung.

Alle diese Stoffe stehen aber zu einander selbst in immerwährender Wechselwirkung, und offenbaren sich in dieser Hinsicht

5. in magnetischen, und
6. elektrischen Erscheinungen.

Alle Wissenschaften zusammen sind nur Ein großes Ganzes, und die einzelnen greifen als eben so viele Theile desselben mehr oder weniger ineinander. Indessen hat jede einzelne gewisse zunächst mit ihr verwandte, welche zusammen selbst wieder ein abgesondertes Ganzes bilden. Für die Physik sind diese zunächst und unmittelbar einwirkenden Hülfswissenschaften

a) Naturgeschichte,
b) Chemie, und
c) Mathematik.

Ich kann mir's nicht verwehren, eine in Rücksicht der Mathematik treffliche Stelle Soldner's anzu-

führen: „Es ist ein fast allgemeines Uebel, sagt er, daß unsere Physiker so wenig mathematische Kenntnisse besitzen. Ein Physiker ohne alle Kenntniß der Mathematik ist auf jeden Fall ein Unding. Sie verstehen nicht, dem Mathematiker, der aus ihren Versuchen Folgerungen ziehen will, vorzuarbeiten, und ihm brauchbare Materialien zu liefern; mit einem Worte, sie sind sich selten deutlich bewußt, was sie suchen sollen.“

Eine Geschichte der Physik jezt schon zu geben, wäre ein undankbares Geschäft, weil die Geschichte Würdigung des Erzählten, also sowohl des successiven Ganges, als der Männer, welche dazu mitgewirkt haben, beabsichten muß. Diese Absicht kann aber immer nur dann erst für jeden einzelnen Theil erreicht werden, wenn er in seinem dermaligen Zustande genau erkannt worden ist.

Folgende Uebersicht mag theils dazu dienen, das ganze Gebiet der Physik mit Einem Blicke in seiner ganzen Anordnung übersehen zu können; theils mag sie als raisonnirende Inhaltsanzeige gebraucht werden.

Uebersicht.

—

Die Welt ist Darstellung und Erscheinung des Absoluten, ihre Form und ihr Grundgesetz also Einigung der Dualität, ihr Erscheinen das Erscheinen des Kampfes zwischen Tod und Leben (Contraction, Expansion) §. 1 : 20.

Die Vermittlung dieses Kampfes, und die erscheinende Einigung geht hervor in den Phänomenen der Gravitation,

a) als Cohäsion §. 21 : 32., von welcher die Adhäsion wohl unterschieden werden muß. §. 33 : 41.

b) als Schwere, welche sich ankündiget durch Druck auf eine Unterlage, und durch Bewegung, wenn diese Unterlage aufgehoben worden ist. §. 42 : 43.

A. Die Wirkungen des Druckes werden untersucht

I. auf der niedrigsten Stuffe der Expansion (an festen Körpern),

a) am Hebel, dessen Fundamentalgesetz beruht in der Gleichheit der Momente (§. 44 : 66., woraus die Anwendung auf die

α) Zusammensetzung der Kräfte, §. 51 : 54.
β) Lehre von dem Schwerpunkte, §. 55 : 59.
γ) den physischen Hebel, §. 60 : 61.
δ) die Theorie verschiedener Werkzeuge §. 62 : 66.

b) An der geneigten Ebene, bei welcher das Grundgesetz $p : q = \sin.$ des Neig. Winkels : Cos. des Winkels, welchen die Richtung der Kraft mit der Ebene bildet. §. 67 : 70. Daraus

Anwendung auf α) Keil und β) Schraube. §. 71 : 75.

B. Die Bewegung ist

1) eine einfache, welche entweder

a) eine gleichförmige, in welcher $S = CT$ ist, §. 77 : 82., oder

b) eine ungleichförmige ist, und zwar

α) beschleunigte (gleichförmig). In ihr ist

$$S = \frac{1}{2} C T = \frac{C^2}{4\sigma} = \sigma T^2$$ §. 83 - 88.

β) verzögerte (gleichf.). In ihr ist

$$S = (\varkappa - \sigma T) T$$ §. 89 - 93.

Diese Art der Bewegung finden wir

a) im freien Fall der Körper, §. 94 ; 95.

b) in dem Fall über

α) eine geneigte Ebene, wo $S = \frac{\sigma h t^2}{l}$

§. 96 ; 98.

β) über mehrere Ebenen; §. 99 - 104.

c) in dem Fall über einen Kreisbogen (Pendelbewegung), obschon nicht ganz genau. §. 105 ; 112. Daraus die Anwendung

α) auf das physische Pendel, welches theils als Zeitmesser dient, theils das wichtige Resultat giebt, es nehme die Schwere gegen die Pole hin zu. §. 113; 117.

β) Verglichen damit kann werden die Schwingung eines schallenden und tönenden Körpers, deren Gesetze in Rücksicht der Fortpflanzung in verschiedenen Medien, Geschwindigkeit u. s. w. entwickelt werden. §. 118 ; 131.

2) Die zusammengesetzte Bewegung giebt das allgemeine Gesetz der Diagonalrichtung. §. 132 ; 134. Wir finden sie vorzüglich

an der Kreisbewegung, in welcher
$S = \sigma t^2$ ist. §. 131 ; 143.

3) Die Wirkung eines bewegten Körpers steht im zusammengesetzten Verhältnisse CM. §. 144.

4) Die Hinderniſſe der Bewegung geben

a) das Phänomen der Refraction; §. 145 ; 150.

b) das Phänomen des Stoſſes

α) unelastiſcher Körper, §. 151 ; 160.

β) elastiſcher Körper §. 161 ; 170.

c) der Reflexion, §. 171.

d) der Reibung. §. 172 ; 176.

5) Anwendung auf die im gemeinen Leben gewöhnlichen Maſchinen (Mühlen). §. 176 ; 184.

Hier von Hand ; und Pferdemühlen. §. 185 ; 186.

II. Eine höhere Stuffe der Expanſion, und zwar Gleichheit der Actionen giebt die tropfbar Flüſſigen. Auf dieſer Stuffe wird der Andrang zum Leben ſchon durch die gröſſere Beweglichkeit offenbar. Aber den Geſetzen der Schwere unterworfen ſtrebt auch das tropfbar Flüſſige

A. zum Gleichgewicht

a) mit ſich ſelbſt, und ſtellt es her bey horizontaler Oberfläche ſowohl in freyen als communicirenden Gefäßen, §. 187 ; 191. §. 195.

b) in welchen es drückt

α) auf den Boden, wo $p = b \cdot a \cdot r$

β) auf eine Seitenfläche

α mit $p = \alpha \left(f d + \frac{d a}{2} \right) r$. §. 194.

c) Verschiedene Flüssige unter sich, wenn die Höhen sich verhalten umgekehrt, wie die respectiven Gewichte derselben. §. 196.

d) Ein flüssiger mit einem festen so, daß der feste so viel im Flüssigen verliert, als dasselbe unter seinem Raumsinhalte wiegt, §. 197, 203. und die Schwerpuncte des festen, und des von ihm weggetriebenen Flüssigen in einer senkrechten Linie liegen. §. 197; 204.

B. Die Bewegung der Flüssigen geschieht

a) in Röhren und Kanälen, §. 205; 210.

b) aus Oeffnungen, §. 211; 220.

c) in Wellen. §. 221; 226.

Anwendung auf Wassermühlen, und zwar

a) eine unterschlächtige und oberschlächtige Kornmühle, §. 227; 235.

b) Stoßmühle, §. 236; 237.

c) Sägemühle. §. 238; 240.

III. Die Expansion geht aus dem Gleichgewichte hervor, die Beweglichkeit wächst, und immer mehr entzieht sich das Individuum der Schwere. Gewöhnlich erhält hier die Expansion den Namen des Wärmeprincipes, dessen allgemeines Phänomen Ausdehnung ist. Nicht alle Körper sind der Erregung

der Expansion gleich fähig. Wie aber ihre Wirkung aus dem Körper allseitig hervortritt, erhält sie den Namen der Temperatur, und wird durch Thermometer gemessen. §. 241 ; 249. Die Erregung der Expansion aber kann auf verschiedene Art hervorgebracht werden, und bis zu der Veränderung der Form der Substanzen gesteigert werden. §. 250 ; 254.

IV. Eine vorzüglich merkwürdige Wirkung ist die Darstellung der elastisch-flüssigen Substanzen, welche bedingnißweise eigen ist

a) den Dünsten, welche entweder physische, oder chemische seyn können, unabhängig von einander existiren, und sich auf verschiedene Weise zersetzen. §. 255 ; 271.

Bei ihrer Zersetzung bilden sie

α) Wolken und Nebel, §. 272 ; 277.
β) Regen, §. 278 ; 282.
γ) Schnee, §. 283 ; 287.
δ) Hagel, §. 288 ; 292.
ε) Thau und Reif, §. 293 ; 299.

b) Analog dieser Gestaltung ist die zu Dämpfen; fordert aber einen viel höhern Grad der Expansion (Wärme), welche aber eben deßwegen mit ungeheurer Expansivkraft auf alles, was ihnen im Wege steht, wirken, so, daß man das Maximum derselben nicht zu bestimmen im Stande ist. §. 300 ; 302.

Die ungeheure Menge der in einem Jahre aufsteigenden Dünste und Dämpfe verwendet die Natur

wahrscheinlich größtentheils zu der Hervorbringung der Quellen und Flüsse. §. 303.

c) Eine noch höhere Expansion giebt die Gestaltung zu Gasarten. Die vorzüglichsten derselben sind Sauerstoffgas, Stickstoffgas, Wasserstoffgas, und daraus verschiedene Mischungen, welche uns unabhängig von der Temperatur als vollkommen elastisch erscheinen müssen, und deren ausdehnende Kraft von $0 - 80° = 375$ des ganzen Volumens beträgt, und im Verhältniß der Zusammendrückung steht. §. 304, 307.

Obschon der Contraction in einem höhern Grade entwunden sind die Gasarten der Wirkung der Schwere nicht entgangen, und müssen sich also

A. ebenfalls durch Druck ankündigen. Als Typus für alle übrigen Gasarten dient uns hier die so interessante Mischung, welche wir als atmosphärische Luft, deren Höhe über 5000 geogr. Meilen betragen zu müssen scheint, kennen. Ihr Druck wird durch das Barometer gemessen, ist am Ufer des Meeres am größten, muß in der Höhe abnehmen, und äussert sich täglich regelmässig in 2 Ebben und Fluthen. §. 308, 313.

Der Druck derselben bewirkt überdieß die Erscheinungen

a) an Hebern, und

b) Pumpen, welche entweder Wasser- oder Luftpumpen seyn können. §. 314, 319.

B. Ein so leicht bewegliches Flüssiges, als die athmosphärische Luft, kann leicht in Bewe-

gung gebracht werden, und giebt dann die Erscheinung des Windes, welcher so nothwendig ist in der Haushaltung der Natur. §. 320 ; 329.

Ein Beispiel seiner Verwendung hier an den Windmühlen. §. 330 ; 331.

V. Die höchste mögliche Stuffe der Expansion erscheint im Sonnenlichte, und analog demselben in jeder Lichterscheinung. Daher die ungeheure Geschwindigkeit, die Imponderabilität, die allseitige Verbreitung, und Intensitätsabnahme im □ Verhältniß der Abstände derselben. §. 332 ; 336.

Indessen muß das Sonnenlicht doch von den Materien afficirt werden, und leidet

a) entweder einen Verlust seiner Quantität,

b) oder eine Veränderung seiner Richtung

α) durch Brechung, welche bei gleichförmiger Afficirung in den Formeln für die Saumlungsweite

$$bf = \frac{d \cdot \varphi}{d \mp \varphi}$$ und

$$bf = \frac{\mp d \cdot \varphi}{\mp d + \varphi}$$ sich darstellt. §. 337 ; 354.

β) durch Reflexion, für welche die Formel

$$af = \frac{d \cdot r}{2d \mp r}$$ das allgemeine Gesetz enthält. §. 355 ; 366.

γ) Wird das Sonnenlicht aber (von einer durchsichtigen Materie) ungleichförmig af-

ficirt, so erscheint es als Farbe, deren es nur 3 geben kann, so, daß roth vorzüglich erwärmend, gelb beleuchtend, blau chemischwirkend erscheint. §. 367 - 374.

Anwendung davon auf die Erscheinung des Regenbogens, der Höfe u. dgl. §. 375 - 378.

δ) Die Vereinigung aller dieser Erscheinungen des Lichtes giebt wahrscheinlich die Phänomene der Beugung des Lichtes. §. 379 - 380.

ε) Wenn hinreichendes Licht von einem Gegenstande in unser Auge kömmt, so sehen wir ihn, und urtheilen über seine Größe nach der Tangente des Sehewinkels, können aber sehr kleine und sehr entfernte Gegenstände auch bei gesundem, viel weniger bei fehlerhaftem Auge nicht mehr deutlich erkennen. §. 381 - 383. Daher bewaffnen wir unser Auge

a) entweder mit Ferngläsern oder Brillen, §. 384.

b) mit Mikroskopen, §. 385 - 389.

c) mit Fernröhren, welche

α) entweder dioptrische, §. 390 - 395.

β) oder catoptrisch - dioptrische sind. §. 396 - 399.

Beschreibung einiger gewöhnlichen optischen Werkzeuge

a) Camera obscura, §. 400.

b) Zauberlaterne, §. 401.

c) Sonnen - und Lampenmikroskope. §. 402.

VI. Wenn sich die Actionen der Urfactoren an einem und dem nämlichen Individuum an den Extremitäten einer Linie in ihrem Gegensatze offenbaren, so bezeichnet man die Erscheinung mit dem Namen der magnetischen. Deswegen ist unsere Erde selbst ein großer Magnet, und alle irrdischen Körper nehmen mehr oder weniger an ihrer magnetischen Eigenschaft Theil, welche sich vorzüglich wie jeder Gegensatz darstellet in dem Anziehen des Heterogenen, und Fliehen des gleichnamigen. §. 403 / 410.

VII. Offenbart sich aber der Gegensatz an entgegengesetzten Flächen des nämlichen Körpers, oder ist er an die Oberfläche zweier Körper vertheilt, so heißt die Erscheinung desselben elektrische, und zwar, wenn dieser Gegensatz durch mechanische Mittel (z. B. Reibung) hervorgebracht wird, ausschließlich electrische. Wird er hingegen erzeugt durch das chemische Ineinanderwirken heterogener Körper, so heissen die Erscheinungen galvanische. —

Einrichtung, diese Erscheinungen darzustellen, kleine zu vergrössern und zu messen. §. 411 / 425.

Electrische Erscheinungen in der Atmosphäre, besonders bei Gewittern, und Mittel gegen die Wirkung derselben. §. 426 / 431.

Anwendung auf Medicin. §. 432.

Metaphysische Lehnsätze.

1. Die Form des Seyns des Absoluten ist Einigung der Heterogeneität (Dualität).

2. Diese Form muß sich in der Objectivirung des Absoluten überall aussprechen, in der intelligibeln Welt sowohl als in der Naturwelt.

3. In der Naturwelt ist der ideelle Pol zurück-, der reelle aber hervorgetreten, ohne jenen ganz aufzuheben.

4. Was in der Natur dem ideellen Pole entspricht, muß, von der Form des Raumes unabhängig, nur unter der Form der Zeit als Succession (Nacheinander) erscheinen.

5. Als solches kündiget sich uns nichts mehr an, als das Licht.

6. Dem reellen Pole entspricht ein Seyn im Raume.

7. Als solches kündiget sich uns das Seyn der Materie an.

8. Die Naturwelt ist also Einigung (Synthesis) des Lichtes und der Materie (Nichtlichtes).

9. Da sich das Licht nur unter der Form der Zeit darstellt, so ist sein Erscheinen nur eine Succession, ein Fortschreiten in der Linie von Punkt zu Punkt, d. i. Expansion.

10. Da das Seyn der Materie ein Seyn im Raume, folglich ein Neben- und Zusammenseyn ist, so ist ihre Form der Form des Lichtes entgegengesetzt. Nun ist aber der Expansion nur Contraction entgegengesetzt. Also ist die Form des Seyns der Materie Contraction.

11. Da aber Alles nur ist durch Einigung des Entgegengesetzten (nicht Aufhebung oder Ausschliessung desselben), Entgegengesetztes aber nur im Kampfe sich vereiniget, so wird das Erscheinen des Seyns in der Natur nur ein Erscheinen des fortdaurenden Kampfes von Expansion und Contraction seyn, so, daß auf der einen Seite die überwiegende Contraction als Materie, auf der andern die überwiegende Expansion als Licht erscheint, aber weder hier die Contraction noch dort die Expansion aufgehoben wird.

12. Gänzliche Vernichtung der Expansion würde eine unendliche (raumlose) Contraction, gänzliche Vernichtung der Contraction eine unendliche (zeitlose) Expansion geben.

13. Da in diesem fortdaurenden Kampfe weder ein absolutes Siegen, noch ein absolutes Unterliegen möglich ist, aber doch, wenn die Kämpfenden sich allein überlassen wären, erfolgen müßte, so muß ein allgemeiner Vermittler dazwischen kommen, die Gegensätze einigen, und eine scheinbare Ruhe hervorbringen.

14. Diese syntheſirende Vermittlung ſtellt ſich uns dar in den Phänomenen der Gravitation.

15. Einiget die Gravitation Elemente zum Körper, ſo heißt ſie uns Cohäſion. Einiget ſie Körper mit Körpern, ohne ihre Individualität aufzuheben, ſo heißt ſie Schwere. Wird aber auch die Individualität aufgehoben, ſo verliert ſie ſich im Chemiſmus, aus dem die Syntheſis wieder als cohärent und ſchwer hervorgeht.

16. Die bisher durchgeführte Anſicht führt uns nothwendig auf eine Urmaterie (materia prima der Alten), ewig, wie das Abſolute, deſſen Erſcheinung ſie iſt, geſtaltlos, aber eben darum aller möglichen Geſtalten fähig, und ſie ſuchend durch unendliche Entwicklung und in unendlich verſchiedenen Producten.

17. Aber auch die Urmaterie kann als das objectivirte Abſolute nur unter der Form der Einigung der Dualität exiſtiren, und auch von ihr muß gelten, was von der Materie überhaupt ausgeſagt worden iſt.

18. Auf dieſe Weiſe verbindet dieſe Anſicht die Atomiſtik und Dynamik mit einander, unterſcheidet ſich aber von jener dadurch, daß uns die Urmaterie ſelbſt Product der Expanſion und Contraction iſt, von dieſer dadurch, daß wir die erſcheinenden Materien als eben ſo viele Evolute der Urmaterie (als Subſtrat) anſehen, die ſich eben deßwegen nur unter der Bedingung des wechſelſeitigen Kampfes von Expanſion und Contraction darſtellen können, welches den (nicht ganz richtig alſo genannten) zurückſtoſſenden, und anziehenden Kräften der Dynamik entſpricht.

19. Da aber die Expansion den Grund der Möglichkeit einer Ausdehnung enthält, die Contraction aber die Bestimmung (Grenzen u. s. w.) bezeichnet, so wird der expandirende Factor als der positive, der contrahirende Factor aber als der negative, weswegen er auch (Expansion) hemmender (retardirender) genannt wird, sich verhalten.

Phänomene der Gravitation.

a. Cohäsion.

20. Da die Gravitation, in so weit sie Elemente mit Elementen einiget (15.), uns bestimmte Materien giebt, so muß alle Materie Cohäsion haben (cohärent seyn).

21. Die Grenzen der Cohäsion müssen daher in dem relativen Ueberwiegen des einen Factors über den andern liegen, und fallen daher auf die größte Härte, und die größte Flüssigkeit.

22. Da aber keine absolute Cohäsionslosigkeit möglich ist, so kann es auch keine absolut harte oder absolut flüssige Materie geben.

23. Deswegen muß auch jede Materie mehr oder weniger elastisch seyn.

24. Die Formen der Aggregation liegen daher zwischen den beiden Extremen.

25. Geht durch die Cohäsion Materie hervor, welche in allenthalben begrenztem Raume sich darstellt, so heißt sie ein Körper.

26. Ist die Materie aber in Rücksicht einer gewissen bestimmten Grenze gleichgültig, so daß sie sich in was immer für einen gegebenen Raum ausdehnt, so heißt sie eine elastische Flüssigkeit (ausdehnbarer Stoff).

27. Daß ein Körper als Materie in allenthalben begrenztem Raume (25.)

a) Raumesinhalt (Volumen)

b) Masse haben, und daß daraus

c) ein gewisser Grad der Dichtigkeit hervorgehen müsse, ist für sich klar.

28. Die Dichtigkeiten D, d zweier Körper stehen daher im geraden Verhältnisse der Massen, und im umgekehrten der Raumsinhalte, oder

$$D : d = \frac{M}{V} : \frac{m}{v}$$

Zusatz: Aus der entgegengesetzten Ursache aber die Lockernheiten R, r

$$R : r = \frac{V}{M} : \frac{v}{m}$$

29. Da die Materie überhaupt nur besteht im Kampfe der Expansion mit der Contraction, so kann ein Körper weder bis zum absolut Unendlichen ausgedehnt, noch auf o contrahirt werden, ohne seine Existenz zu verlieren, d. i. der Körper kann nicht physisch durchdrungen werden.

30. Da jedes Element der Materie selbst Materie ist, so wird jede Materie theilbar seyn in's Unendliche.

Zusatz 1. Ungeheuer weit reicht zwar die wirkliche Theilbarkeit. Aber demohngeachtet kann von ihr hier nicht die Rede seyn.

Zusatz 2. Ob alle Körper porös seyen; ist man nicht einig. Nothwendiges Prädicat ist die Porosität wenigst gewiß nicht, und die Induction findet ihre Grenze schon an der tropfbaren Flüssigkeit.

Zusatz 3. Benzenbergs Berechnungen, um zu zeigen, daß die Cohäsion mit der Schwere (Attractivkraft) Eines seyn könne.

?1. Ueber die Stärke der Cohäsion verschiedener wirklicher Körper haben v. Musschenbrök, Graf v. Sickingen und Guyton sehr belehrende Versuche gemacht. Musschenbrök stellte sie mit Holzarten und Metallen an, und bediente sich hölzerner Parallelopipeden, deren Grundfläche 0,27 rheinl. Zolle in's Gevierte hielt.

Buchenholz	zerriß	mit	1250 ℔
Eschenholz	.	. .	1250
Eichenholz	.	. .	1150
Lindenholz	.	. .	1000
Ulmenholz	.	. .	950
Tannenholz	.	. .	600
Fichtenholz	.	. .	550.

Zu den Untersuchungen über die Metalle wendete er eigens ausgewählte Dräthe von vier verschiedenen Durchmessern an. War dieser $= \frac{1}{10}$ rheinl. Zolles, so zerriß

Gold durch	. . .	500 ℔
Eisen	. . . .	450
Silber	. . . .	370
Messing	. . . .	360
Kupfer	. . . .	299 ½
Bley	. . . .	29 ¼.

32. Graf v. Sickingen machte seine Versuche mit Metalldräthen von 0,3 par. Lin. Dicke. Die von ihm erhaltenen Verhältnisse sind für

Eisen (sehr sprödes) . .	40,750 ℔
(wenig sprödes) . .	39,380
Messing	40,962
Kupfer	33,061
Platina	28,467
Silber	20,699
Gold	16,379.

33. Nach Guytons neueren verbesserten Versuchen zerriß ein Drath von 0,887 par. Lin. Durchmesser aus

Eisen durch . . .	510,2 ℔
Kupfer . . .	280,7
Platina . . .	254,7
Silber . . .	173,8
Gold	130,3
Zink	101,7
Zinn	32,1
Bley	11,5.

Zusatz 1. Man sieht leicht, daß die hier aufgezählten Resultate nicht sehr zusammenstimmen, wenn wir die v. Musschenbrök'schen mit den übrigen vergleichen. Die Verschiedenheit der Metalle selbst nach ihrer größern oder kleinern Reinheit, die verschiedene Dicke und Länge derselben, ihre Ausdehnung und daher Abänderung der Zerreissungsfläche u. s. w. tragen dazu bey. Doch werden Sickingen's und Guyton's Resultate den Musschenbrök'schen gewöhnlich vorgezogen.

Zusatz 2. Nach Reichenbach's Versuchen zerreißt ein Stab von mittelmäßigem Gußeisen von einem baier'schen □ Zoll Durchschnittsfläche, durch ein Gewicht von $76\frac{1}{3}$ Centner.

34. Von der Cohäsion unterscheidet sich wesentlich die Adhäsion, durch welche sich zwey cohärente Körper miteinander verbinden, ohne daß ihre Verbindung eine chemische ist. Von ihr haben wir unzählige Beyspiele sowohl in der Natur, als in der Kunst z. B. im Zusammenhängen von Metall- und Steinplatten, Anhängen von tropfbaren Flüssigkeiten an feste Körper, im Kütten, Löthen u. dgl.

35. Eine Folge dieser Adhäsion sind die merkwürdigen Erscheinungen der Capillarität.

Bringt man ein Röhrchen von Glas, dessen innerer Durchmesser ungefähr $\frac{1}{2}$ bis $1\frac{1}{2}$ Linien beträgt, in eine Flüssigkeit, von der es naß gemacht wird, so

a. steigt sie in demselben zu einer Höhe, welche größer ist, als die Höhe der Flüssigkeit außer dem Röhrchen,

b. bleibt in der nämlichen Höhe, auch wenn das Röhrchen weggebracht wird, und steigt

c. um so höher, je enger das Röhrchen ist, aber

d. nie zur obern Oefnung heraus, so kurz auch das Röhrchen seyn mag.

e. Verschiedene Flüssigkeiten steigen verschieden hoch; aber nicht im Verhältniß ihres respectiven Gewichtes.

f. Queckfilber giebt die entgegengesetzten Phänomene.

36. Die Erklärung dieser Phänomene beruht darauf, daß die Masse des Röhrchens größere Anziehung zum Flüssigen, als die Theile des Flüssigen untereinander haben. In dieser Voraussetzung muß das Wasser, wenn das Röhrchen abcd (Fig. 1.) in die Berührung derselben kommt; nach ce, und bf in die Höhe steigen. Da aber die Ziehekräfte in der Entfernung abnehmen, so müssen die aufgestiegenen Wassertheilchen rings um das Glas die krummen Linien fc, be u. s. w. bilden, wodurch die Oberfläche des Wassersäulchens nothwendig concav werden muß. Ist das Röhrchen bis fe gefüllt, so wirken die über fe liegenden Theile des Glases, und das Wasser muß so lange steigen, bis das Gewicht desselben der ganzen Ziehekraft des Wassers das Gleichgewicht hält. (35. a. b.)

37. Da die Ziehekraft V des Röhrchens im Verhältniße der innern Oberfläche, d. i. der innern Peripherie des Röhrchens, und diese im einfachen Verhältniße des Durchmessers steht, so wird

$$V : v = D : d.$$

Das Gewicht P der Wassersäule hingegen wächst im Verhältniße der Masse, also im Quadratverhältniße des Durchmessers, folglich

$$P : p = D^2 : d^2.$$

Wenn daher die Durchmesser der Röhrchen sich verhalten = 2 : 1, so nimmt die Ziehekraft um die Hälfte, das Gewicht aber um das Vierfache ab, so, daß immer Kraft genug übrig bleibt, um die Wassersäule im engern Röhrchen höher zu bringen, als im weitern (35. c.).

Die Höhen stehen daher bey übrigens gleichen Umständen im umgekehrten Verhältniße der Durchmesser, so daß

$\pm A : \mp a = d : D$. Daher muß immer $AD = ad$ seyn.

Zusatz: Hauy und Tremery fanden in cylindrischen Röhren, deren Durchmesser

	= 2	~~= 1~~ $\frac{4}{3}$	$\frac{3}{4}$ Millim., die Höhe
des Wassers	6,75	10,0	18,5
Orangenöhl	3,4	5,0	9,0.

Für D = 1 Millim. also bey
Wasser = 13,569, bey
Orangenöhl = 6,7398.

Daher auch

bey Wasser AD =	2 ×	6,75 =	13,50
	~~= 1~~ $\frac{4}{3}$ ×	10 =	13,333
	$\frac{3}{4}$ ×	18,5 =	13,875
bey Orangenöhl =	2 ×	3,4 =	6,8
	$\frac{4}{3}$ ×	5 =	6,6667
	$\frac{3}{4}$ ×	9 =	6,75.

38. Da das Steigen des Flüssigen nur von der Ziehekraft des Röhrchens abhängt, so kann es da nicht mehr steigen, wo das Röhrchen aufgehört hat, also am obern Ende nicht auslaufen (34. d.).

Zusatz: Indessen hatte man doch gezweifelt, ob die Länge der Röhre die Wirkung vergrößere oder nicht. Aber Hällström hat durch seine Versuche mit Röhrchen aus weissem und grünem Glase dargethan, daß die Länge der Röhren keinen Unterschied mache, wenn sie nicht durch Saugen leer gemacht worden sind, und selbst dann nicht, wenn die Temperatur des

Röhrchens so hoch gestiegen ist, daß sich die bey dem Saugen entstandenen Dünste nicht condensiren können.

39. Da nicht jeder Stoff zu jedem andern gleiche Ziehekraft hat, so ist es auch begreiflich, warum nicht jedes Flüssige gleich hoch, und warum selbst ein specifisch leichteres nicht so hoch steigt, als ein schwereres (35. e.).

40. Die Erklärung des Phänomenes (35. f.), daß das Queckſilber in einem gläsernen Röhrchen tiefer, als auſſer demselben steht, liegt sehr natürlich in der entgegengesetzten Ursache, nämlich in der gröſsern Anziehung der Queckſilbertheile untereinander, als des Queckſilbers zum Glase. Dieß beweisen selbst die Versuche mit metallenen Röhrchen, in welchen das Queckſilber die nämlichen Phänomene zeigt, wie das Wasser in gläsernen, und es ist hier, wie oben (37.) — AD = — ad, und zwar bey einem Durchmesser von

2	$\frac{4}{3}$ Millimeters
— A = $3\frac{2}{3}$	$5\frac{1}{2}$ und
— AD = 7,33	7,33.

Zusatz: Hauy glaubte, Queckſilber würde denn doch auch in gläsernen Röhren steigen, wenn alle Feuchtigkeit weggeschafft worden wäre. Molin lieſs deſswegen reines Queckſilber 15 Minuten lang kochen, erhitzte zugleich ein Haarröhrchen bis zum Glühen, und brachte es so in das Queckſilber. Es stieg aber auch dann nicht.

41. Die Phänomene der Capillarität ergeben sich auch zwischen zwey einander nahe gebrachten Glastafeln. Es steigt auch zwischen ihnen das Wasser in die

Höhe, und zwar in einer krummen (hyperbolischen) Linie, wenn ihre inneren Flächen einen kleinen Winkel bilden.

Die Höhe, zu welcher das Wasser zwischen zwey senkrechten Tafeln steigt, ist gleich derjenigen, zu welcher es in einer Röhre steigt, deren Durchmesser = der doppelten Entfernung der Ebenen von einander ist. Wäre daher die Entfernung derselben = 1 Millim., so würde das Wasser aufsteigen zu der Höhe, zu welcher es in einer Röhre von 2 Millim. Durchmesser steigt, das ist zu 6,75 (37. Zus.). Die Erfahrung giebt ungefähr 6,5 Millim.

Zusatz 1. Wenn zwey Glasröhren in einander gesteckt werden, so ist die Höhe, zu welcher das Flüssige zwischen ihnen aufsteigt = der Höhe in einem Haarröhrchen, dessen Durchmesser = dem doppelten Abstande der beyden Grundflächen ist.

Hauy stellte in eine Glasröhre von 5 Millim. Durchmesser eine von 3 Millim., und das Wasser stieg nicht ganz auf 7 Millim. Da der Abstand nur 1 Millim. betrug, so hätte es dem angegebenen Gesetze gemäß auf 6,75 Millim. steigen sollen.

Zusatz 2. Daß die hier gegebenen Gesetze mit der Temperatur etwas variiren müssen, sieht man leicht.

Zusatz 3. Beyspiele von Haarröhrchen allenthalben in der Natur und Kunst.

42. Soll die Figur eines Körpers geändert werden, so wird gewöhnlich ein Widerstand gefühlt, — welchen die durch Cohäsion miteinander verbundenen Theile ihrem Verschieben übereinander entgegensetzen. Dies

sen Widerstand bezeichnet man durch den Namen der Reibung (Frictio).

Leiden die Theile so eine Reibung, dann heißt ein Körper ein fester (Solidum). Können seine Theile aber durch jede kleinste Kraft übereinander verschoben werden, so heißt der Körper ein flüssiger (Fluidum) und zwar ein tropfbar flüssiger, wenn er sich von selbst in Kugelform als Tropfen darstellt.

b. Schwere.

43. Die Gravitation als Schwere einiget (15.) Körper mit Körpern. Daher bewegen sich Körper ein und des nämlichen Ganzen zu einander, wenn sie sich selbst überlassen sind, oder streben wenigst sich zu bewegen, d. i. drücker auf die Unterlage, welche sie an der Bewegung hindert.

44. Dieser Druck kündiget sich in der Erfahrung an als Gewicht. Wir müssen dreyerley Arten des Gewichtes unterscheiden. Wird

a) auf den Raumsinhalt keine Rücksicht genommen, so heißt das Gewicht P ein absolutes, und steht im geraden Verhältniß der Masse M so, daß

$$P : p = M : m.$$

b) Das Gewicht heißt respectives R, wenn auf den Raumsinhalt Rücksicht genommen wird, und steht im Verhältnisse der Dichtigkeit, oder

$$R : r = D : d, \text{ oder (28.)}$$

$$= \frac{M}{V} : \frac{m}{v}.$$

c) Das eigenthümliche Gewicht E erhält man, wenn das respective eines Stoffes R mit dem r eines andern (gewöhnlich des Wassers), zur Einheit angenommenen verglichen, wo

$$E : 1 = R : r, \text{ also}$$

$$E = \frac{R}{r} \text{ wird.}$$

I.

Niedrigste Stufe der Expansion in der festen Form.

A. Druck der festen Körper oder Geostatik.

45. Wenn ein Punkt von zwey Seiten zur Aufhebung seiner Ruhe sollicitirt wird, so muß er den Strebungen folgen, wenn sie nach der nämlichen Richtung auf ihn folgen. Wirken sie aber nach entgegengesetzten Richtungen, so wird er, wenn sie einander gleich sind, in seiner Ruhe verharren, wenn sie aber ungleich sind, so wird von der größern soviel aufgehoben, als die kleinere beträgt, und der Punkt wird dem Ueberschusse folgen.

Zusatz 1. Ist dieser Punkt Theil einer Linie, so wird auch die Linie mit ihm entweder ruhen, oder nach der grössern Strebung sich hinneigen.

Zusatz 2. Da diese Strebungen eine Bewegung hervorzubringen suchen, so nennt man sie gewöhnlich bewegende Kräfte, und den Zustand der Linien bey gleichen entgegengesetzten Wirkungen Gleichgewicht.

Zusatz 3. Zu leichterer Unterscheidung ist es herkömmlich, eine dieser Kräfte ausschlüssig Kraft, die andere Last zu nennen.

Zusatz 4. Wir untersuchen hier die Gesetze des Gleichgewichtes an den einfachen Maschinen a) dem Hebel, und b) der schiefen Ebene.

a) Lehre von dem Gleichgewichte an dem Hebel.

46. Jede Linie, sie mag schwer oder nicht schwer seyn, welche an zwey Punkten um einen dritten unbeweglichen Punkt zur Bewegung von zwey Kräften sollicitirt wird, heißt ein Hebel, welcher ein geradliniger, oder Winkelhebel ist, je nachdem diese Linie selbst eine gerade, oder gebrochene ist. Wird die Linie als nichtschwer gedacht, so heißt der Hebel ein mathematischer, im Gegentheil ein physischer. Der Punkt, durch welchen der Punkt, um welchen die Bewegung geschehen soll, unterstützt wird, heißt die Unterlage.

Zusatz: Der geradlinige Hebel selbst ist ein Hebel der ersten Art (wagförmig), wenn Kraft und Last auf entgegengesetzten Seiten der Unterlage wirken; sonst ein Hebel der zweyten Art.

47. Für den mathematischen Hebel gilt das allgemeine Gesetz, daß im Stande des Gleichgewichtes bey senkrechten Richtungen der Kräfte sich diese verhalten umgekehrt wie ihre Abstände vom Ruhepunkte; denn es seyen (Fig. 2.) p und q die wirkenden Kräfte, und ihre Abstände ac und bc einander gleich, so ist an diesem Hebel offenbar kein Grund zur Störung des Gleichgewichtes. Die Unterlage leidet dabey einen Druck $= p + q = 2p = 2q$. Das

her wird der Hebel auch nicht sinken, wenn anstatt der Unterlage eine aufwärts wirkende Kraft = 2p angebracht gedacht wird; an dem Hebel acb, an welchem die Kräfte p, q, 2p wirken, also Gleichgewicht seyn.

Denken wir in b an die Stelle des q einen Widerstand, was immer für einer Art, welcher das von p beabsichtigte Steigen des Punktes b verhindert, ohne ihn sinken zu machen, so wird er die Stelle von q vertreten können, und daher das Gleichgewicht ungestört bleiben. Dann ist aber der Hebel acb (Fig. 3.) der zweyten Art, die Kräfte p und 2p, die Abstände

$$p : 2p = 1 : 2,$$
$$bc : ab = 1 : 2, \text{ also}$$
$$p : 2p = p : q = bc : ab.$$

Da b der Ruhepunkt ist, so wird die Verlängerung des Hebels nach $bd = ac = bc$ (als nicht schwer) das Gleichgewicht nicht stören (Fig. 4.).

Denken wir dazu in d und c die Kräfte $s = r = 2p$ wirkend, so wird durch sie, weil sie gleich, und in gleichen Abständen einander entgegengesetzt wirken, das Gleichgewicht ebenfalls nicht gestört. Da aber 2p und r einander gleich und an dem nämlichen Punkte entgegengesetzt wirken, so bleibt auch zwischen p und s Gleichgewicht, wenn wir 2p und r wegdenken. Es ist aber

$$p : s = 1 : 2$$
$$bd : ab = 1 : 2, \text{ also}$$
$$p : s = p : q = bd : ab.$$

Es ist aber abd ein Hebel der ersten Art, also an beyden Arten des geradlinigen Hebels das obige Gesetz bewiesen, wenn der Exponent des Verhältnisses eine gerade Zahl ist.

Zusatz 1. Ist der Exponent des Verhältnisses eine gebrochene oder irrationale Zahl, so gilt der nämliche Beweis, was sich leicht mündlich nachweisen läßt, und da diese Beweisführung in's Unendliche fortgesetzt werden kann, so gilt sie für alle mögliche geradlinige Hebel.

Zusatz 2. Sind daher die Abstände der Kraft und Last d und δ, so wird allgemein

$$p : q = \delta : d, \text{ oder}$$
$$p \cdot d = q \cdot \delta, \text{ also}$$
$$p = \frac{q\delta}{d}, \quad d = \frac{q\delta}{p}$$
$$q = \frac{pd}{\delta}, \quad \delta = \frac{pd}{q}.$$

48. Wirken die Kräfte p und q an dem Winkelhebel acb (Fig. 5.) senkrecht, so wird, wenn mit bc und ca Kreise gezogen werden, q in b auf den Kreis bdb eben so stark wirken, als s = q in d, und p in aea in a eben so stark, als r = p in e: Zwischen den vier Kräften ist also Gleichgewicht. Nun setzten wir, die Kräfte p und q am Winkelhebel seyen selbst für sich im Gleichgewichte, so werden es auch s und r für sich seyn. Das Gleichgewicht wird also auch nicht gestört, wenn wir p und q ganz wegdenken. Es ist aber im Gleichgewichte an dem geradlinigen Hebel dce

$$s : r = ce : dc,$$

also auch, wenn wir s und r wegdenken, an dem Winkelhebel acb.

$$p : q = bc : ac.$$

Zusatz: Heissen auch hier die senkrechten Abstände der Kräfte wie oben (47. Zus. 2.) d, δ, so wird auch am Winkelhebel

$$p : q = \delta : d, \text{ oder}$$
$$p \cdot d = q \cdot \delta.$$

49. Sind aber die Richtungen der Kräfte auf die Hebelarme schief, so verhalten sich im Gleichgewichte die Kräfte umgekehrt, wie die senkrechten Linien, welche von dem Ruhepunkte auf ihre Richtungen gezogen werden können; denn wenn an dem geradlinigen Hebel abc (Fig. 6.) die schiefwirkenden Kräfte p und q im Gleichgewichte sind, so müssen sie es auch bleiben, wenn ihnen in a und b zwey andere Kräfte $r = p$, und $s = q$ in den nämlichen Richtungen entgegenwirken.

Eben dieses würde auch geschehen, wenn die vier Kräfte aus d und e einander entgegenwirkten, weil r und s für sich im Gleichgewichte sind.

Dann wirkten aber p und q senkrecht an dem Winkelhebel dce, und es wäre

$$p : q = ce : dc,$$

also auch bey schiefen Richtungen der Kräfte am geradlinigen Hebel abc.

Zusatz 1. Da ce, und dc den senkrechten Abstand der Kräfte d und δ bezeichnen, so ist auch hier

$$p : q = \delta : d.$$

Zusatz 2. Da ce : cb = Sin. cbe : Sin. tot., so wird $ce = \frac{cb \cdot \text{Sin. cbe}}{\text{Sin. tot.}}$, und da ed : ac = Sin. cad : Sin. tot., so wird

$$cd = \frac{ac \cdot \text{Sin. cad}}{\text{Sin. tot.}}, \text{ also}$$

$$p : q = \frac{cb \cdot \text{Sin. cbe}}{\text{Sin. tot.}} : \frac{ab \cdot \text{Sin. cad}}{\text{Sin. tot.}},$$

Zusatz 3. Da im senkrechten Zuge p : q = cb : ac wäre; im schiefen aber = ce : cd, so verliert die Kraft durch die Schiefe des Zuges.

50. Durch das nämliche Raisonnement ergiebt sich das nämliche Gesetz auch für den Winkelhebel acb (Fig. 7.), an welchem die Kräfte p, q, r = p, s = q wirken, weil die Wirkung von p und q in a und b eben so groß ist, als in d und e. In d und e wirkten sie aber senkrecht an dem Winkelhebel dce, wo p : q = ce : dc ist, also muß ihre Wirkung auch bey schiefem Zuge am Hebel acb in dem nämlichen Verhältnisse stehen.

Zusatz 1. Aus dieser allseitigen Betrachtung geht daher für den Stand des Gleichgewichtes an einem Hebel das Gesetz hervor, welches schon oben (47. Zus. 2., 48. Zus. 49. Zus.) aufgeführt worden ist, daß

p : q = δ : d, oder

pd = qδ ist.

Zusatz 2. Das Product aus der Grösse der Kraft in ihren Abstand von dem Punkte, auf welchen sie wirkt (Unterstützungspunkte), nennt man das statische Moment. Also läßt sich das Gesetz des

Gleichgewichtes am Hebel auch ausdrücken durch die Gleichheit der Momente.

α) Zusammensetzung der Kräfte.

51. Würde die Unterlage, auf welche der Ruhepunkt c (Fig. 8.) drückt, ausweichen, so müßte auch c in der Richtung cg, in welcher es auf die Unterlage gedrückt hat, sinken. Diese Richtung heißt die mittlere zwischen den Richtungen der Kräfte p und q.

Wirkten p und q nicht an a und b, sondern unmittelbar auf den Punkt f, so müßte auch er sinken, und zwar, weil die Kräfte durch ac und bc auf c eben so wirken, wie unmittelbar auf f, in eben der Richtung, in welcher c sinken würde.

Die Richtung der mittelbaren Kraft ist also ausgedrückt durch die Diagonale eines Parallelogrammes, dessen zwey Seiten sich verhalten, wie die wirkenden Kräfte.

Diese Diagonale ist aber auch = der Grösse der mittleren Kraft; denn wenn p = af, und q = bf den Punkt f niederzuziehen streben, so kann ihnen eine Kraft x, welche in der Richtung fd wirkt, das Gleichgewicht halten, und sie wäre dann = der mittlern (zusammengesetzten) Kraft aus den beyden äussern p und q. Verlängert man, um x zu bestimmen, fa um das gleiche fe, so muß, wenn zwischen p, q und x Gleichgewicht ist, auch zwischen q, fe und x Gleichgewicht seyn, wo dann fe zwischen q und x die mittlere ist. Daher ergiebt sich aus q und fe das Parallelogramm debf, und folglich auch die Seite x = fd. Es ist aber fd = eb = fc. Also ist die mittlere

Kraft x = Diagonale des auf den Linien, welche die Kräfte ausdrücken, construirten Parallelogrammes.

52. Dieses vorausgesetzt, läßt sich, wenn die äussern Kräfte p und q, und der Winkel pfq gegeben sind, die mittlere Kraft fc durch Rechnung finden; denn es sey pfq = 55° 48′, p = 9, q = 11 ℔., so ist in dem Dreyecke fcb der Winkel

$$\begin{aligned} fbc &= 180° - (bfc + bcf) \\ &= 180° - (bfc + cfa) \\ &= 180° - afb \\ &= 180° - 55° 48' \\ &= 124° 12'. \end{aligned}$$

Da nun in dem △ fbc 2 Seiten, und ein Winkel bekannt sind, so lassen sich die übrigen Theile desselben, folglich auch fc trigonometrisch finden, wenn bcf oder bfc bekannt ist.

Man findet aber (Algeb.) von zwey Gröſſen die gröſſere dadurch, daß man zu der halben Summe die halbe Differenz addirt, also wird der gröſſere Winkel

$$bcf = \frac{bcf + bfc}{2} + \frac{bcf - bfc}{2} = \frac{S}{2} + \frac{D}{2}$$

Nun ist aber $S = 180° - fbc$
$= 180° - 124° 12'$
$= 55° 48'$, also

$$\frac{S}{2} = \frac{bcf + bfc}{2} = \frac{55° 48'}{2} = 27° 54'.$$

Aus der Trigonometrie ist bekannt, daß bf + bc : bf − bc = Tang $\frac{1}{2}$(bcf + bfc) : Tang. $\frac{1}{2}$(bcf − bfc)

11 + 9 : 11 − 9 = Tang. 27° 54′ : Tang. $\frac{1}{2}$ D.

10 : 1 = 5294727 : Tang. $\frac{1}{2}$ D, also

Tang. $\frac{1}{2}$ D = 529472, also

$$\frac{1}{2} D = \frac{bcf - bfc}{2} = 3° 2',$$ folglich

$$bcf = \frac{S}{2} + \frac{D}{2} = 27° 54' + 3° 2' = 30° 56'.$$

Dagegen wird der kleinere Winkel

$$bfc = \frac{S}{2} - \frac{D}{2} = 27° 54' - 3° 2' = 24° 52'.$$

Da jetzt alle Winkel und 2 Seiten bekannt sind, so wird

$$fc : bc = \text{Sin. } fbc : \text{Sin. } bfc$$
$$= \text{Sin. } afb : \text{Sin. } bfc, \text{ also}$$
$$fc = \frac{bc \cdot \text{Sin. } afb}{\text{Sin. } bfc}, \text{ oder}$$

$$\text{Log. } fc = \text{Log. } bc + \text{Log. Sin. } afb - \text{Log. Sin. } bfc$$
$$= \text{Log. } 9 + \text{Log Sin. } 55° 48' - \text{Log. Sin. } 24° 52'$$
$$= 0{,}95424 + 9{,}91754 - 9{,}62377$$
$$= 17{,}70 \text{ lb.}$$

Zusatz: Wäre die mittlere Kraft fc gegeben, so würde man auf die nämliche Art auch die Seitenkräfte finden; denn würde $p = fa$ gesucht, so wäre

$$fa : fc = \text{Sin. } acf : \text{Sin. } fac$$
$$= \text{Sin } bfc : \text{Sin. } afb, \text{ also}$$
$$fa = \frac{fc \cdot \text{Sin. } bfc.}{\text{Sin. } afc} = 8{,}999 \ldots = 9 \text{ lb.}$$

Eben so würde

$$q = fb = \frac{fc \cdot \text{Sin. } afc}{\text{Sin. } afb} = 11 \text{ lb.}$$

53. Daraus gehen folgende zwey wichtige Sätze hervor: Da

1) $fa : fb = \frac{fc \,.\, \text{Sin. } bfc}{\text{Sin. } afb} : \frac{fc \,.\, \text{Sin. } afc}{\text{Sin. } afb}$, so wird

$fa : fb =$ Sin. bfc : Sin. afc, oder die Seitenkräfte verhalten sich umgekehrt, wie die Sinus der Winkel, welche sie mit der mittleren Kraft bilden.

2) Da $fc : fb =$ Sin. fbc : Sin. fcb, oder
$=$ Sin. afb : Sin. afc, und
$fc : fa =$ Sin. fac : Sin. fca, oder
$=$ Sin. afb : Sin. bfc,

so wird die mittlere Kraft sich zu einer Seitenkraft verhalten, wie der Sinus des Winkels, welchen beyde Kräfte miteinander bilden, zu dem Sinus des Winkels, welchen die andere Kraft mit der mittleren Kraft bildet.

54. Die Diagonale eines Parallelogrammes ist (Geom.) immer kleiner, als die Summe zweyer Seiten. Daher muß die Wirkung der mittlern Kraft immer kleiner seyn, als die Summe der zwey Seitenkräfte. Es ist nicht schwer, zu bestimmen, wie viel aufgehoben worden ist; denn es seyen (Fig. 9.) fa und fb die Seitenkräfte, welche auf f unter dem Winkel afb wirken. Diese wirken eben so viel, als wenn anstatt fa, die Kräfte fg und fd, anstatt fb, die Kräfte fh und fe wirkten. Nun sind die Dreyecke feb und acd ähnlich und gleich, also $eb = ad$. Es ist aber $ad = fg$, $eb = fh$, folglich $fg = fh$. Sie bezeichnen also, weil sie einander entgegengesetzt sind, das, was von fa und fb aufgehoben worden ist. Folglich bleibt noch fe und fd übrig.

Da aber △ feb ≅ △ dac, so ist fe = dc, also fe + fd = fd + dc = fc = Diagonale.

Zusatz 1. Je grösser nun afb, desto grösser werden auch fg und fh, desto kleiner also fc, und umgekehrt, so, daß fg und fh = o, folglich fc = fa + fb wird, wenn afb = o ist.

Zusatz 2. Wie sich jede Kraft als eine zusammengesetzte betrachten läßt, so lassen sich auch Kräfte, so viel sie immer seyn mögen, zu Einer vereinigen.

Zusatz 3. Beyspiele der Zusammensetzung der Kräfte finden wir häufig in der Kunst und in der Natur.

β) Schwerpunkt.

55. Die Unterlage eines Hebels (Fig. 2.) leidet einen Druck = p + q (47). Es ist also gleichviel, ob p + q in a und b am Hebel wirkt, oder unmittelbar auf c drückt.

Es lassen sich also die Kräfte (Gewichte) am Ruhepunkte in Eins gebracht denken, und man kann sich daher alle Schwere in c und ausser c alles Uebrige nicht schwer denken. So ein Punkt heißt aber Schwerpunkt; also können, so lange der Schwerpunkt unterstützt ist, die Gewichte nicht sinken. Auf beyden Seiten des Schwerpunktes sind daher die Momente gleich.

56. Nach dieser Ansicht von dem Schwerpunkte muß es leicht seyn, denselben c zwischen zwey Gewichten (schweren Punkten) p und q, deren Entfernung ab gegeben ist, aufzufinden. Die Gewichte wir-

ken nämlich entweder a) nach gleichen, oder b) nach entgegengesetzten Richtungen.

a) In dem ersten Fall liegt der Schwerpunkt c nothwendig zwischen den Gewichten, und da (p . def . 55.)

$$p \cdot ac = q \cdot bc, \text{ und}$$

$$bc = ab - ac, \text{ so wird}$$

$$p \cdot ac = q\,(ab - ac)$$

$$= q \cdot ab - q \cdot ac$$

$$(p + q)\,ac = q \cdot ab, \text{ also}$$

$$ac = \frac{q \cdot ab}{p + q}, \text{ und}$$

$$bc = \frac{p \cdot ab}{p + q}$$

b) Im zweyten Falle muß (Fig. 10.) der Schwerpunkt auf einen ausser ab liegenden Punkt, und zwar wenn $q > p$, über b hinaus fallen. Es wird daher, weil

$$p \cdot ac = q \cdot bc, \text{ und}$$

$$bc = ac - ab$$

$$p \cdot ac = q\,(ac - ab)$$

$$= q \cdot ac - q \cdot ab$$

$$(p - q)\,ac = q \cdot ab$$

$$ac = \frac{q \cdot ab}{q - p}, \text{ und}$$

$$bc = \frac{p \cdot ab}{p - q}$$

Zusatz: Allgemein also

$$ac = \frac{q \cdot ab}{q \mp p}$$

$$bc = \frac{p \cdot ab}{q \mp p}$$

57. Ist die Linie, an welcher die Gewichte p, q wirken, ausser dem Schwerpunkte c in was immer für einer Entfernung von a und b (Fig. 11.) in h unterstützt, so wird sich der Abstand des Schwerpunktes von dem Unterstützungspunkte $= ch$ eben so leicht bestimmen lassen; denn

1) liegt h zwischen a und b, so ist (56. a.)

$$ac = \frac{q \cdot ab}{p+q}. \text{ Es ist aber}$$

$$ac = ah + ch, \text{ also}$$

$$ah + ch = \frac{q \cdot ab}{p+q}$$

$$ch = \frac{q \cdot ab}{p+q} - ah$$

$$= \frac{q \cdot ab - (p \cdot ah + q \cdot ah)}{p+q}$$

$$= \frac{q \cdot ab - p \cdot ah - q \cdot ah}{p+q}$$

$$= \frac{q\,(ab - ah) - p \cdot ah}{p+q}$$

$$= \frac{q \cdot bh - p \cdot ah}{p+q}$$

2) Liegt aber h ausser a und b, so wird wieder (Fig. 12.)

$$ac = \frac{q \cdot ab}{p+q}. \text{ Dann ist aber}$$

$$ac = ah - ch, \text{ also}$$

$$ah - ch = \frac{q \cdot ab}{p+q}$$

$$ch = ah - \frac{q \cdot ab}{p+q}$$

$$= \frac{p \cdot ah + q \cdot ah - q \cdot ab}{p+q}$$

$$= \frac{q\,(ah - ab) + p \cdot ah}{p+q}$$

$$= \frac{q \cdot bh + p \cdot ah}{p+q}$$

Zusatz: Allgemein also

$$ch = \frac{q \cdot bh \mp p \cdot ah}{p+q}$$

58. Wie bisher für zwey Gewichte, so läßt sich auch für mehrere, an einer geraden Linie bf wirkende Gewichte p, q, r, s, v (Fig. 13.), der Schwerpunkt finden; denn wenn diese Linie in a unterstützt ist, so wird, wenn die Gewichte p und q allein wirken, der Schwerpunkt zwischen sie, vielleicht auf h fallen. Daher wird (57. 2.)

$$ah = \frac{p \cdot ab + q \cdot ac}{p+q}.$$

Es ist eben so viel, ob die zwey Kräfte in b und c einzeln, oder zusammen in h wirken (55.) Daraus wird aber

$$ah\,(p+q) = p \cdot ab + q \cdot ac.$$

Eben so läßt sich für das Gewicht r in d und die in h zu Eins gebrachten Gewichte $p+q$ der Schwerpunkt i finden; denn es ist auch hier

$$ia = \frac{ah\,(p+q) + ad \cdot r}{p+q+r}$$

$$= \frac{p \cdot ab + q \cdot ac + r \cdot ad}{p+q+r}, \text{ und}$$

$$ia\,(p+q+r) = p \cdot ab + q \cdot ac + r \cdot ad.$$

In i wirken auch diese drey Kräfte zusammen wieder eben so viel, als an ihren einzelnen Aufhängspunkten. Daher läßt sich zwischen ihnen und der Kraft s der Schwerpunkt k bestimmen. Da aber jetzt der Unterstützungspunkt zwischen sie fällt, so wird (57. 1.)

$$ak = \frac{ai\,(p+q+r) - ae\,.\,s}{p+q+r+s}$$

$$= \frac{p\,.\,ab + q\,.\,ac + r\,.\,ad - s\,.\,ae}{p+q+r+s}, \text{ und}$$

$$ak\,(p+q+r+s) = p\,.\,ab + q\,.\,ac + r\,.\,ad - s\,.\,ae.$$

Kömmt nun auch v hinzu, so wird, um den Schwerpunkt g zwischen p + q + r + s in k, und v in f zu finden

$$ag = \frac{ak\,(p+q+r+s) - af\,.\,v}{p+q+r+s+v}$$

$$= \frac{p\,.\,ab + q\,.\,ac + r\,.\,ad - s\,.\,ac - af\,.\,v}{p+q+r+s+v}$$

$$= \frac{p\,.\,ab + q\,.\,ac + r\,.\,ad - (s\,.\,ae + af\,.\,v)}{p+q+r+s+v}$$

Zusatz 1. Daraus ergiebt sich

$$ag\,(p+q+r+s+v) = p\,.\,ab + q\,.\,ac + r\,.\,ad = (s\,.\,ae + v\,.\,af).$$

Fällt daher a auf g, so wird $ag = o$, und $p\,.\,ab + q\,.\,ac + r\,.\,ad = s\,.\,ae + v\,.\,af$, oder die Summen der Momente sind auf beyden Seiten gleich.

Zusatz 2. Man sieht hieraus, wie sich überhaupt der Schwerpunkt einer ganzen Fläche und eines Körpers bestimmen lasse, und daß der ganze Körper unterstützt ist, wenn es der Schwerpunkt ist, und umgekehrt.

Zusatz 3. Die Unterstützung des Schwerpunktes wird entweder durch Aufhängen, oder durch eine Unterlage bewirkt, wenn für seinen Stand so gesorgt ist, daß er weder in der Richtung der Schwere, noch in einer andern Richtung sinken kann. Bey dem Aufhängen ist dieß der Fall, wenn der Schwerpunkt in den Aufhängspunkt selbst, oder unter denselben in die Directionslinie der Schwere fällt, bey der Unterstützung durch eine Unterlage aber, wenn die Directionslinie nicht ausser die Basis des Körpers hinausfällt.

59. Ein Körper steht übrigens bey gleicher Basis um so fester, je tiefer sein Schwerpunkt fällt; denn es sey (Fig. 14.) dabg ein senkrecht stehendes Parallelopipedum, welches seinen Schwerpunkt in m hat, so wird ein in m gedachtes Gewicht q, welches so schwer, als der ganze Körper ist, einem mit ab parallelen horizontal wirkenden p das Gleichgewicht halten, wodurch eine mittlere, nach mb wirkende Kraft entspringt, und es ist (53.)

$$p : q = \text{Sin. } bmq : \text{Sin. } bmp.$$

Wäre aber der Schwerpunkt in n, die horizontal wirkende Kraft π, so wäre

$$q : \pi = \text{Sin. } bn\pi : \text{Sin. } bnq, \text{ also}$$

$$p.q : \pi.q = \text{Sin. } bmq \cdot \frac{\text{Sin. } bn\pi}{\text{Sin. } bnq} : \text{Sin. } bmp;$$

$$p : \pi = bq \cdot bi : be \cdot bq$$
$$= bi : be.$$

Es ist aber $bi : be = qn : qm$, also

$$p : \pi = qn : qm.$$

Da $qn > qm$, so ist auch $p > \pi$. Man braucht also eine grössere Kraft, dem Schwerpunkte in m das Gleichgewicht zu halten als in n, folglich auch es aufzuheben, oder den Körper umzuwerfen.

Zusatz 1. Da ein Körper nicht mehr, als Einen Schwerpunkt haben kann, so wird dieser näher dahin fallen, wo mehr Masse im Körper ist, obwohl er auch manchmal (z. B. in einem Trinkglase) nicht in eine solide Stelle fällt.

Zusatz 2. Lage des Schwerpunktes in verschiedenen Körpern, besonders im thierischen, und daraus hervorgehende Erscheinungen u. s. w.

γ) Physischer Hebel.

60. Da der physische Hebel einen Schwerpunkt haben muß, so kann man sich in demselben alle seine Schwere vereiniget denken, oder, was dasselbe ist, annehmen, der Hebel selbst sey nicht schwer, im Schwerpunkte aber sey ein Gewicht = dem Gewichte des Hebels angehängt, und so, wie man sich gewöhnlich ausdrückt, den physischen Hebel auf einen mathematischen, an welchem drey Kräfte wirken, reduciren.

Sind daher (Fig. 15.) die Kraft p, der Abstand der Kräfte ab, der Ruhepunkt, die Stelle des Schwerpunktes g, und das Gewicht des leeren Hebels s bekannt, so wird im Stande des Gleichgewichtes (57.)

$$q \cdot bc = p \cdot ac + s \cdot gc, \text{ also}$$

$$q = \frac{p \cdot ac + s \cdot gc}{bc}.$$

Zusatz 1. Wäre q bekannt, und p gesucht, so würde

$$p = \frac{q \,.\, bc - s \,.\, gc}{ac}.$$

Zusatz 2. Sind hingegen die Länge des Hebels ab, sein Gewicht s, die Stelle des Schwerpunktes g, die Kräfte p und q gegeben, und soll man den Abstand der Unterlage von a oder $b = ac$ oder bc finden, so suche man die Stelle des Schwerpunktes h für p und s, und es ist (57.)

$$ah = \frac{s \,.\, ag}{p + s}.$$

Sucht man nun die Stelle des Schwerpunktes für die in h vereint gedachte $p + s$, und q in b, so erhält man

$$bc = \frac{bh\,(p+s)}{p+q+s}$$ Es ist aber

$$bh = ab - ah$$

$$= ab - \frac{s \,.\, ag}{p+s}$$

$$= \frac{ab \,.\, p + ab \,.\, s - s \,.\, ag}{p+s}, \text{ also}$$

$$bh\,(p+s) = ab \,.\, p + ab \,.\, s - s \,.\, ag$$

$$= ab \,.\, p + (ab - ag)\, s, \text{ folglich}$$

$$bc = \frac{ab \,.\, p + (ab - ag)\, s}{p+q+s} = \frac{ab \,.\, p + bg \,.\, s}{p+q+s}.$$

Zusatz 3. Wollte man nun ac suchen, so wäre (p. constr.)

$$ac = ab - bc = ab - \left(\frac{ab \,.\, p + bg \,.\, s}{p+q+s}\right)$$

$$= \frac{ab \cdot p + ab \cdot q + ab \cdot s - ab \cdot p - bg \cdot s}{p + q + s}$$

$$= \frac{ab \cdot q + ag \cdot s}{p + q + s}.$$

8) Anwendung auf verschiedene Werkzeuge.

61. Der Gebrauch des Hebels findet in der Kunst und im gemeinen Leben äusserst häufig Statt. Eine grosse Menge unserer Instrumente wirken theils als geradlinige, theils als Winkelhebel.

62. Eines der wichtigsten Werkzeuge ist die Wage. Sie ist entweder ein gleicharmiger Hebel (gemeine Krämerwage), oder ein ungleicharmiger (Schnellwage, gewöhnliche oder schwedische Besemer genannt).

Zusatz 1. Bestandtheile und Einrichtung einer guten. Damit sie als solche gelten kann, muß sie a) sehr empfindlich, und b) durchaus im Gleichgewichte seyn.

Zusatz 2. Dieß wird erreicht α) durch die gehörige Lage des Schwerpunktes (etwas ober dem Aufhängspunkte), β) durch die Verminderung der Reibung, γ) durch vollkommene Gleichheit der Wagebalken und Schaalen, δ) durch genaue senkrechte Stellung der Zunge auf dem Wagebalken.

Zusatz 3. Reichenbach's große Wage zu Kaufmannsgütern.

63. Die Rolle ist eine kreisrunde Scheibe, welche um ihre Achse beweglich ist, und in einer Hohlkehle an ihrem Umfange ein Seil trägt, an welchem die Kräfte wirken. Sie ist, je nachdem sie mit der Last

selbst

selbst steigt, oder nicht steigt, eine bewegliche, oder unbewegliche.

64. Bey der letztern gewinnt man zwar an Bequemlichkeit in Rücksicht der Richtung der Kraft, aber nie an Kraft selbst; denn die unbewegliche Rolle (Fig. 16.) stellt einen gleicharmigen Hebel der ersten Art acb vor, dessen Unterstützungspunkt in dem Mittelpunkte der Rolle c ist, folglich die beyden Kräfte gleiche Entfernungen ac und bc haben, es mögen die Kräfte parallel wie ap und bq, oder nicht parallel wie bq und er wirken, weil $ac = bc = ce$ ist.

An der beweglichen Rolle aber (Fig. 17.) bey parallelem Zuge von p und q ist der Unterstützungspunkt in b, der Hebel acb also der zweyten Art, folglich

$$p : q = bc : ab = 1 : 2, \text{ und}$$

$$2p = q, \text{ oder } p = \frac{q}{2}.$$

Es wird also nur die halb so grosse Kraft, um einer gewissen Last das Gleichgewicht zu halten, erfordert.

Ziehen aber p und q nicht parallel (Fig. 18.), so muß die Kraft 1) grösser seyn, als die halbe Last, und 2) sich zu ihr verhalten, wie der Radius der Rolle zu der Sehne des Bogens, an welchem das Seil den Bogen berührt, oder $p : q = ac : ab$; denn wirkt hier die Kraft p schief auf den Hebel adb, so wird (49.)

$p : q = bd : be$. Nun ist aber $ab > be$, also auch $\frac{1}{2} ab = bd > \frac{1}{2} be$, also auch $p > \frac{1}{2} q$.

Da aber $p : q = bd : be$, und

$\triangle acd \backsim \triangle abe$, folglich

$be : ab = ad : ac$, also

$be = \frac{ab \cdot ad}{ac}$, folglich

$p : q = bd : \frac{ab \cdot ad}{ac}$

$= bd \cdot ac : ab \cdot ad$, und weil $bd = ad$

$p : q = ac : ab$.

Zusatz 1. Werden mehrere bewegliche oder unbewegliche Rollen miteinander verbunden, so heißt diese Zusammensetzung eine Flasche, und 2 Flaschen geben einen Flaschenzug. Bey diesem sehr gebrauchten Werkzeuge, bey welchem n die Anzahl der von der untern Flasche aufwärts gehenden Seile bedeutet, vertheilt sich die ganze Last zu gleichen Theilen auf dieselbe. Daher wird (Fig. 19.) das Seil CD $\frac{q}{4}$ (Fig. 20.) aber $\frac{q}{5}$ überhaupt also einen n^{ten} Theil der Last q oder $\frac{q}{n}$ tragen, und daher p, welches durch die unbewegliche Rolle D nichts mehr gewinnt, auch $= \frac{q}{n}$ seyn. Daher

$p : q = 1 : n$.

Man sieht leicht, daß der nämliche Fall eintreten müsse, wenn die Rollen hinter, oder übereinander stehen, wie Fig. 21. 22.

Zusatz 2. Wollte man $n =$ der Anzahl der beweglichen Rollen in der untern Flasche setzen, so würde zwar dann, wenn die Summe der von der

untern Flasche aufwärts gehenden Seile eine gerade Zahl ist,

$$p : q = 1 : 2n.$$

Ist diese Summe aber eine ungerade Zahl, so wird

$$p : q = 1 : 2n + 1.$$

Zusatz 3. Verschiedene Einrichtungen der Flaschenzüge.

65. Ein auf zwey Unterlagen beweglicher Cylinder, welcher durch einen, oder mehrere durchgesteckte Stäbe um seine Achse gedreht werden kann, heißt eine Winde, welche entweder eine liegende oder eine stehende seyn kann.

Bey ihr verhält sich im Stande des Gleichgewichtes $p : q =$ Radius der Welle zu der Länge des Stabes, an welchem die Kraft senkrecht wirkt; denn wenn dem (Fig. 23.) der Durchschnitt der Welle, an welchem die Last q, und ac die Länge des Stabes ist, an dessen Ende die Kraft p wirkt, so ist c die Unterlage, und daher (47.)

$$p : q = ce : ac.$$

Zusatz 1. Wirkte die Kraft $r = p$ schief in der Richtung ar, so wäre (49.)

$$p : q = ce : c\overset{\frown}{n}, \text{ und weil } c\overset{\frown}{n} < ac,$$

die Wirkung von r nicht mehr hinreichend, um dem q das Gleichgewicht zu halten.

Zusatz 2. Verschiedene Modificationen und Anwendungen der Winde.

66. Ein Rad ist nichts, als eine Winde, an welcher die Kämme (Zähne) die Stelle der Stäbe vertreten. Die Erhöhungen an so einem Rade heissen nämlich Kämme, wenn sie auf der Ebene des Rades senkrecht stehen, Zähne hingegen, wenn sie in der Ebene des Rades liegen. Ein Rad mit Kämmen heißt daher auch ein Kammrad, und, wenn es horizontal steht, ein Kronrad, ein gezahntes Rad aber ein Stern- oder Stirnrad. Gewöhnlich befinden sich in einem Räderwerke an der nämlichen Welle 2 Räder, wovon das kleinere das Getriebe genannt wird. Oft besteht dieses kleinere Rad nur aus Stäben, welche dann Triebstöcke heissen.

Greiffen mehrere solche Räder in einander, so ist im Stande des Gleichgewichtes $p : q =$ das Product aus den Radien der Getriebe, zu dem Producte aus den Radien der Räder; denn es seyen (Fig. 24.) die Radien der Räder A, B, C, die Radien der Getriebe a, b, c, weil die Welle an dem Rade A, um welche sich das Seil mit der Last q windet, die Stelle eines Getriebes vertritt, und p sey die mit q im Gleichgewichte stehende Kraft, welche hier unmittelbar durch das Getriebe c auf das Rad B wirkt, dessen Widerstand x sich zu ihr als Last verhält. Daher wird

$$p : x = c : C.$$

Dieses x wirkt als Kraft auf das mit y widerstehende Rad A. Daher

$$x : y = b : B.$$

Eben so wirkt y als Kraft auf q, also

$$y : q = a : A, \text{ folglich}$$

$$p . x . y : x . y . q = a . b . c : A . B . C, \text{ oder}$$

$$p : q = a . b . c : A . B . C.$$

b) Gleichgewicht auf der schiefen Ebene.

67. Eine geneigte Ebene ist jede Fläche a c (Fig. 25.), welche unter einem Winkel m zu der horizontalen Linie b c geneigt ist; a b heißt ihre Höhe, b c ihre Basis, und a c ihre Länge. Auf ihr kann ein Körper, wenn von Reibung abstrahirt wird, nicht ruhen; denn der Schwerpunkt ist entweder gar nicht, wie bey einer Kugel, oder nur zum Theil, wie bey einem Parallelopipedon, unterstützt. Im ersten Falle rollt er, im zweyten gleitet er über die Ebene herab; denn wenn d e das Gewicht des Körpers als mittlere Kraft vorstellt, so löst sie sich immer in zwey Kräfte d f und d g auf. Wird d f von der Gegenwirkung der Ebene aufgehoben, so bleibt d g immer noch übrig, und der Körper wird durch sie über die Ebene rollen oder gleiten. Hieraus folgt, daß der Körper immer nur in so weit auf die Ebene drückt, als er darauf senkrecht wirkt.

Das Herabgleiten wird eine Kraft p, welche von d aus in einer beliebigen Richtung entgegen wirkt, verhindern können, wenn sie 1. stark wirkt, daß sie dem Körper als einer Last q das Gleichgewicht halten kann.

68. Aus dem bis jetzt Gesagten erhellt, daß die Kraft p in der Richtung d p 1) abwärts, der Druck auf die Ebene = r in der Richtung d f, und das Gewicht des Körpers = q in der Richtung d e miteinander im Gleichgewichte sind, so, daß r die mittlere Kraft vorstellt, wenn der Körper ruht. Daher verhält sich im Stande des Gleichgewichtes p : q = Sinus des Neigungswinkels m zu dem Cosinus des Win-

kels n; welchen die Richtung von p mit der Ebene bildet; denn (nach obig. Ang. und 53.) ist

p : q = Sin. fde : Sin. pdf. Nun ist
△ hce ∽ △ doh, also der Winkel
fde = m
Sin. pdf = cos. n, folglich
p : q = Sin. m : cos. n.

2) Zieht die Kraft aufwärts (Fig 26.), so ist wieder

p : q = Sin. fde : Sin pdf
Sin. fde = Sin. m, und
Sin. pdf = Sin. fdi = Cos. n, also
p : q = Sin. m. : Cos. n.

3) Zieht die Kraft parallel mit der Basis bc (Fig. 27), so wird zwar

p : q = Sin. fdc : Sin. pdf. Aber weil jetzt
Sin. pdf = Cos. n = Cos. acb = Cos. m, so ist
p : q = Sin. m. : Cos. m
= ab : bc
= Höhe : Basis.

4) Zieht die Kraft parallel mit der Länge ac, so ändert sich (Fig. 27.) die Proportion

p : q = Sin. fde : Sin. pdf, weil hier
Cos. n = Sin. tot. in
p : q = Sin. m : Sin. tot.
= ab : ac
= Höhe : Länge.

Zusatz. Die Kraft wirkt daher am vortheilhaftesten, wenn sie parallel mit der Länge wirkt; denn ist z. B. q = 100 ℔. m = 30°, n = 40°, so wird

im ersten und zweyten Fall p = 65 ℔. (ungefähr)
im dritten — — — = 58
im vierten — — — = 50.

69. Die Kraft s, mit welcher der Körper (Fig. 25.) in der Richtung dg über die Ebene herabgleitet, läßt sich nun leicht bestimmen; denn (53.) q als mittlere Kraft zwischen r und s angesehen, ist

$$q : s = \text{Sin. fdg} : \text{Sin. fde}$$
$$= \text{Sin. tot} : \text{Sin. m, also}$$
$$s = \frac{q \,.\, \text{Sin. m}}{\text{Sin. tot}}.$$

Zusatz. Der Druck auf die Ebene = r aber wird

$$= \frac{q \,.\, \cos. m}{\text{Sin. tot.}}, \text{ weil}$$
$$q : r = \text{Sin. fdg} : \text{Sin. edg}$$
$$= \text{Sin. tot.} : \text{Cos. m, folglich}$$
$$s : r = \frac{q \,.\, \text{Sin. m}}{\text{Sin tot.}} : \frac{q \,.\, \text{Cos. m}}{\text{Sin. tot.}}$$
$$= \text{Sin. m} : \text{Cos. m}$$
$$= \text{Höhe} : \text{Basis.}$$

70. Um bey der Theorie der geneigten Ebene auch die Reibung berücksichtigen zu können, mag die folgende Ansicht dienen, in welcher die vortheilhafteste Richtung der Kraft (68. Zus.) vorausgesetzt wird.

Die Reibung wirkt mit der Kraft gegen die Last, wenn Gleichgewicht hervorgebracht werden soll. Ist aber die ganze Gewalt des Körpers, oder die Last = q, so wird (69. Zus.) der Druck auf die Ebene

$$= r = \frac{q \,.\, \cos. m}{\text{Sin. tot.}}, \text{ oder, wenn die Länge mit l,}$$

die Basis mit b, die Höhe mit h bezeichnet wird,

$$r = \frac{q \,.\, b}{l}.$$

Ist daher der Reibungs-Coefficient $= \frac{n}{\mu}$, so wird die Reibung $\rho = \frac{n}{\mu} \cdot \frac{q\,b}{l}$.

Die Kraft p, welche ohne Reibung dem q das Gleichgewicht halten würde, ist (68. 4.) $= \frac{q \cdot \text{Sin. m}}{\text{Sin. tot.}}$ $= \frac{q \cdot h}{l}$. Die Kraft also mit Einrechnung der Reibung, oder

$$k = p - \rho = \frac{q \cdot h}{l} - \frac{n \cdot q \cdot b}{\mu \cdot l}$$

$$= \left(h - \frac{n\,b}{\mu}\right)\frac{q}{l}, \text{ und daher}$$

$$q = \frac{k \cdot l \cdot \mu}{h\mu - n\,b} = \frac{p \cdot \mu \cdot l - n \cdot q \cdot b}{h\mu - n\,b}.$$

Zusatz 1. Sollte der Körper ganz allein durch die Reibung ohne andere Kraft erhalten werden, so würde $\rho = \frac{n \cdot q \cdot b}{\mu \cdot l}$ die einzige Kraft. Daher würde

$$\frac{n \cdot q \cdot b}{\mu \cdot l} : q = h : l$$

$$\frac{n \cdot g \cdot b \cdot l}{\mu \cdot l} = qh$$

$$\frac{n}{\mu} \cdot b = h, \text{ oder}$$

$$b = \frac{\mu \cdot h}{n}.$$

Zusatz 2. Wäre z. B. $\frac{n}{\mu} = 0{,}097$, $b = 8$, so würde $h = 8 \cdot 0{,}097 = 0{,}576$.

Zusatz 3. Sehr kleine Körperchen, wie Staub u. dgl., bleiben freylich auch bey viel grösserer Höhe, und selbst bey senkrechter Stellung hängen. Aber dies ist Folge der Adhäsion, nicht der Reibung.

α) Der Keil.

71. Der Keil ist ein dreyseitiges Prisma, und heißt ein einfacher, wenn des Prisma's Durchschnittsfläche ein rechtwinklichtes Dreyeck abc (Fig. 28.), ein doppelter, wenn er aus zwey einfachen zusammengesetzt ist, wie adc (Fig. 29.); ab oder ad heißt die Breite, oder der Kopf, bc die Länge, und ac die Seite des Keiles.

a) Für den einfachen Keil (Fig. 28.) gilt, weil er sich wie eine geneigte Ebene verhält, an welchem der Widerstand des zu theilenden Körpers die Last q vorstellt, und p parallel mit der Basis wirkt, offenbar die Proportion (68. 3.)

$$p : q = \text{Sin. } m : \text{Cos. } m$$
$$= ab : bc$$
$$= \text{Breite} : \text{Länge.}$$

b) Bey dem doppelten Keile, dessen Anwendung die gewöhnlichste ist, vertheilt sich die Last auf die zwey Seiten ac und dc (Fig. 29.). Daher muß sich auch die Kraft vertheilen. Deßwegen wird, wie oben, für die Seite ac im Stande des Gleichgewichtes

$$\tfrac{1}{2}p : \tfrac{1}{2}q = ab : bc$$

für die Seite cd aber

$$\tfrac{1}{2}p : \tfrac{1}{2}q = bd : bc, \text{ also}$$
$$p : q = ab + bd : 2bc$$
$$= \text{Breite} : \text{doppelten Höhe.}$$

Zusatz 1. Je kleiner also die Breite (der Kopf) bey der nämlichen Länge, oder je grösser die Länge bey der nämlichen Breite, kurz, je spitziger der Keil ist, desto mehr, und bey desto kleinerer Kraft wirkt er.

Zusatz 2. Instrumente, welche als Keile wirken.

β) Die Schraube.

72. Eine Walze, welcher auf ihrer Oberfläche eine Hohlkehle schneckenförmig eingeschnitten ist, heißt eine Schraube. Der erhabene Theil zwischen zwey Hohlkehlen heißt ein Schraubengang, die Entfernung zweyer Schraubengänge von einander die Schraubenweite, und mehrere Schraubengänge zusammen ein Gewinde.

Die Entstehung einer Schraube kann man sich dadurch erklären, daß man sich dieselbe vorstellt als entstanden durch die Umwickelung eines Dreyeckes abc (Fig. 30.) um eine Walze fe, wodurch ein Schraubengang entsteht, welcher dc = ab zu seiner Schraubenweite hat. Die Kraft sucht die Last q über die geneigte Ebene in einer zu der Basis parallelen Richtung herauf zu bringen, und sie in diesem Zustande des Gleichgewichtes zu halten. Daher wird (68, 3.)

$$k : q = \text{Höhe} : \text{Basis}$$
$$= ab : bc$$
$$= d : \pi,$$

wenn d die Schraubenweite, und π den Umfang der Walze vorstellt. Die Kraft vermag also um so mehr, je kleiner die Schraubenweite, und je dicker die Walze ist.

73. Gewöhnlich wirkt an der Schraube die Kraft nicht unmittelbar, sondern mittelbar durch einen Hebel fp, wodurch sie beträchtlich gewinnt.

Gemäß dem oben Gesagten ist, wenn k die unmittelbar an der Schraube wirkende Kraft vorstellt,

$$k : q = d : \pi \text{ und}$$

$$k = \frac{q \cdot d}{\pi}.$$

Die Kraft k dient als Last für die an dem Hebel wirkende Kraft p, folglich ist (65.)

$$p : k = fk : pf, \text{ also}$$

$$p \cdot k : q \cdot k = d \cdot fk : \pi \cdot pf$$

$$p : q = d \cdot fk : \pi : pf.$$

Nennen wir den Radius der Walze r, den Radius des Kreises, welchen die Kraft p an dem Hebel beschreibt, R, so wird

$$p : q = d \cdot r : \pi \cdot R.$$

Die Radien verhalten sich, wie ihre Peripherien π und Π, also

$$p : q = d \cdot \pi : \pi \cdot \Pi, \text{ oder}$$

$$= d : \Pi.$$

74. Noch mehr gewinnt die Kraft, wenn sie an einer Schraube ohne Ende durch das Eingreifen in ein Rad wirkt, an dem eine Welle angebracht ist, um welche die Last aufgezogen werden soll; denn, wenn der Widerstand des Rades gegen die Schraube y (Fig. 31.) als Last für die Kraft p betrachtet wird, so ist

$$p : y = d : \Pi.$$

Dieses y wird aber für q zur Kraft, und daher, wenn r der Radius der Welle, ρ der Radius des Rades ist,

$$y : q = r : \rho, \text{ also}$$

$$p \cdot y : q \cdot y = r \cdot d : \rho \cdot \pi$$

$$p : q = r \cdot d : \rho\,\pi, \text{ also}$$

= das Product aus der Schraubenweite d in den Radius der Welle r zu dem Producte aus der Peripherie π, deren Radius der Hebel ist, in den Radius des Rades.

Zusatz. Was von der Theorie des Keiles, und der Schraube gesagt worden ist, leidet in der Anwendung viele Modificationen, und dient daher vorzüglich nur dazu, um ähnliche Fälle mit einander zu vergleichen.

75. Um wenigst bey der Schraube auf die Reibung Rücksicht nehmen zu können, setze ich voraus, daß jeder Schraubengang als eine geneigte Ebene angesehen werden könne. In dieser Voraussetzung wirkt die Reibung ρ der Last Q in einer mit der Länge, die Kraft p aber in einer mit der Basis parallelen Richtung entgegen. Heißt nun der von ρ aufgehobene Theil der Last q', der von p aufgehobene aber q, so wird

1) $\rho : q' =$ Sin. m. : Sin. tot.
$= h : l$, also

$$q' = \frac{\rho \cdot l}{h}.$$

2) $p : q =$ Sin. m : Cos. m
$= h : b$, also

$$q = \frac{p \cdot b}{h}, \text{ folglich}$$

$$Q = q' + q = \frac{\rho \cdot l}{h} + \frac{p \cdot b}{h}.$$

Der Druck r auf die Ebene (Schraubengang) ist (69. Zuf.) $= \frac{Q \cdot b}{l}$. Wenn daher der Reibungscoefficient $\frac{n}{\mu}$ ist, so wird

$$\rho = \frac{n \cdot Q \cdot b}{\mu \cdot l}, \text{ folglich}$$

$$Q = \frac{n \cdot Q \cdot b \cdot l}{\mu \cdot l \cdot h} + \frac{p \cdot b}{h}$$

$$= \frac{n \cdot Q \cdot b}{\mu \cdot h} + \frac{p \cdot b}{h}, \text{ also}$$

$$Q - \frac{n \cdot Q \cdot b}{\mu \cdot h} = \frac{p \cdot b}{h}$$

$$\frac{\mu \cdot h \cdot Q - n \cdot b \cdot Q}{\mu \cdot h} = \frac{p \cdot b}{h}$$

$$Q = \frac{p \cdot b \cdot \mu}{\mu \cdot h - n \cdot b}, \text{ und daraus}$$

$$p = Q\left(\frac{\mu \cdot h - n \cdot b}{b \cdot \mu}\right).$$

Zusatz 1. Soll die Reibung so groß seyn, daß sie der Last für sich allein, wie an der unendlichen Schraube, das Gleichgewicht halten kann, so wird, weil der Druck auf die Ebene

$$r : Q = b : l$$

$$r = \frac{Q \cdot b}{l}.$$

Wenn der Reibungscoefficient $\frac{n}{\mu}$ ist, so wird

$$\rho = \frac{n}{\mu} \cdot \frac{Q \cdot b}{l},$$

weil angenommen worden ist, daß die Reibung parallel mit der Ebene wirkt, so wird

$\rho : Q = h : l$, also

$\rho \cdot l = Q \cdot h$, oder anstatt ρ den Werth gesetzt

$$\frac{n}{\mu} \cdot \frac{Q \cdot b}{l} \cdot l = Q \cdot h$$

$$\frac{n \cdot Q \cdot b}{\mu} = Q h$$

$$\frac{n b}{\mu} = h.$$

Zusatz 2. Wäre z. B. bey Eisen auf Eisen (nach Coulomb) bey einem Drucke von 1650 ℔.

$\frac{n}{\mu} = 0{,}097$, so wird die Schraubenweite

$h = b \cdot 0{,}097$, oder weil $b =$ dem Umfange der Spindel $= d\pi$, so wird, wenn $d = 1$ gesetzt wird,

$$h = 3{,}14 \cdot 0{,}097 = 0{,}304.$$

B) Bewegungslehre der festen Körper.

76. Wird einer auf einen Punkt wirkenden Kraft nicht durch eine andere Gleichgewicht gehalten, so muß der Punkt, auf welchen gewirkt wird, sich bewegen, d. i. seine Verhältnisse im Raume verändern.

77. Ohne das Wirken einer Kraft bleibt der Punkt in Ruhe. Ist er aber in Bewegung, so setzt er die einmal angefangene Bewegung der Art und Geschwin-

digkeit nach ohne Ende fort, so lange ihn nicht eine andere Ursache daran hindert.

Zusatz. Diese beyden Phänomene versteht man unter dem Namen der Trägheit, welcher man ehemals eine eigene Kraft (Vis inertiae) ohne allen Grund hat unterlegen wollen.

78. Die Stelle einer Kraft vertritt sehr oft ein schon bewegter Körper, und theilt dann, wie man sich ausdrückt, seine Bewegung mit. Diese Mittheilung braucht immer einige Zeit, und dieses erklärt so manche Phänomene bey dem Einwirken eines Körpers auf einen andern.

79. Die Lehre von der Bewegung fester Körper führt gewöhnlich den Namen der Mechanik.

80. Die Bewegung läßt sich nur in einer mathematischen Linie construiren, welche den Begriff eines Weges (Spatium's, Raumes) giebt.

Die Grösse des Raumes und die Kleinheit der Zeit der Bewegung geben den relativen Begriff der Geschwindigkeit, so daß allgemein in jeder Bewegung $C = \frac{S}{T}$ ist.

81. Die Bewegung ist, je nachdem eine, oder mehrere Kräfte wirken,

1) eine einfache, oder

2) eine zusammengesetzte, und beyde, je nachdem in gleichen Zeiten gleiche, oder ungleiche Räume gemacht werden,

a. eine gleichförmige, oder

b. eine ungleichförmige.

1. Einfache,

a) gleichförmige Bewegung;

82. Für die gleichförmige Bewegung, als der einfachsten aller Bewegungsarten, gehört ohne weitere Modification die oben (80.) angeführte Formel für die Geschwindigkeit

$C = \frac{S}{T}$, und aus ihr für die Zeit

$T = \frac{S}{C}$, und für den Raum

$S = T \cdot C$, so, daß sich die Grösse des Raumes durch ein Rechteck vorstellen läßt, dessen Seiten $= C$ und T sind.

b) ungleichförmige Bewegung.

83. Die einfache ungleichförmige Bewegung kann nur entweder

a. eine beschleunigte, oder

b. eine verzögerte,

beyde aber entweder gleichförmig, oder ungleichförmig, beschleunigt, oder verzögert seyn.

* Hier nur von der gleichförmig beschleunigten nnd verzögerten.

α) Gleichförmig beschleunigte Bewegung.

84. Es sey AB (Fig. 32.) eine bestimmte Zeit T, und Ad, de, ef, fg, z. B. gleiche Theile derselben. Hat nun der Körper am Anfange der Bewegung die Geschwindigkeit $= o$, erhält aber am Ende des ersten

Theils

Theilchens Ad eine Geschwindigkeit c, am Ende des zweyten Theilchens wieder c, ohne das in der ersten Zeit erhaltene zu verlieren, und so alle auf einander folgende Theilchen ein gleiches c, so heißt seine Bewegung eine gleichförmig beschleunigte. Daher wird aber

nach 1 Zeittheilchen die erlangte Geschwindigkeit = c
nach 2 — — — — — — = 2c
nach 3 — — — — — — = 3c
also allgemein
nach n Zeittheilchen — — — — = nc

Es stehen also die erlangten Geschwindigkeiten im geraden Verhältniß der Zeiten, oder

$$C : c = T : t.$$

Zusatz. Wenn daher die am Ende des ersten Zeittheilchens (1 Sekunde) erlangte Geschwindigkeit = k ist, so wird

$$k : C = 1 : T, \text{ also}$$
$$C = kT.$$

85. Hätte der Körper sich mit der am Ende von T erlangten Geschwindigkeit C gleich anfangs gleichförmig bewegt, so wäre $S = CT$ gewesen (82). Denkt man sich aber diese ganze Zeit in unendlich kleine Theile getheilt, so wird jeder Theil $= \frac{T}{\infty}$.

Da sich die erlangten Geschwindigkeiten wie die Zeiten verhalten, so wird $\frac{T}{\infty} = \frac{C}{\infty}$, folglich die entsprechende Geschwindigkeit

im ersten Zeittheilchen $= 0 + \frac{C}{\infty} = \frac{C}{\infty}$

im zweyten . . . $= \frac{C}{\infty} + \frac{C}{\infty} = \frac{2C}{\infty}$

im dritten . . . $= \frac{2C}{\infty} + \frac{C}{\infty} = \frac{3C}{\infty}$ u. s. w.

im ∞ten . . . $= \frac{\infty C}{\infty}$ seyn.

Da aber für ein unendlich kleines Zeittheilchen die Bewegung als gleichförmig angenommen werden kann, so wird der Raum

$\frac{S}{\infty}$ im ersten Zeittheilchen $= \frac{C}{\infty} \cdot \frac{T}{\infty} = \frac{CT}{\infty^2}$

im zweyten . . $= \frac{2C}{\infty} \cdot \frac{T}{\infty} = \frac{2CT}{\infty^2}$

im dritten . . $= \frac{3C}{\infty} \cdot \frac{T}{\infty} = \frac{3CT}{\infty^2}$ u. s. w.

im ∞ten . . $= \frac{\infty C}{\infty} \cdot \frac{T}{\infty} = \frac{\infty CT}{\infty^2}$.

Die Summe aller dieser unendlich kleinen Räume giebt den ganzen Raum, und es wird daher

$$S = \frac{CT}{\infty^2} + \frac{2CT}{\infty^2} + \frac{3CT}{\infty^2} + \ldots + \frac{\infty CT}{\infty^2}$$

$$= CT\left(\frac{1}{\infty^2} + \frac{\infty}{\infty^2}\right)\frac{\infty}{2}$$

$$= \tfrac{1}{2}CT.$$

Zusatz 1. Daraus ergiebt sich für die Geschwindigkeit $C = \frac{2S}{T}$, für die Zeit $T = \frac{2S}{C}$.

Zusatz 2. Wird in 1″ der Raum s gemacht, so ist $s = \frac{k}{2}$, und

$k = 2\varsigma$, folglich (nach 84. Zuf.)

$C = kT = 2\varsigma T$.

86. Der in der gleichförmigen Bewegung mit C gemachte Raum war (82.) $= \varsigma CT$, der in der gleichförmig beschleunigten Bewegung, in welcher C erlangt wurde, gemachte Raum aber ist $= \frac{CT}{2}$ (oben). Also verhalten sich beide Räume zu einander $= 2 : 1 = 1 : \frac{1}{2}$. Es wird sich also auch der letztere Raum durch ein Dreyeck vorstellen lassen, dessen Höhe $= T$, dessen Basis $= C$ ist.

87. Wenn nun (Fig. 33.) die Zeit in mehrere Theile getheilt wird, so stellt AEF den Raum in einer, AGI den in zwey, und ABD den in drey Sekunden vor. Zieht man die Hilfslinien EL, GK mit AD, und FK mit AB parallel, so entstehen Dreyecke, welche alle congruent sind, so, daß

der Raum für $1''$ 1 △
" " " " " " $2''$ 4 △
$3''$ 9 △ u. s. w.

enthält, folglich diese Räume sich verhalten, wie $1^2, 2^2, 3^2$ u. s. w., oder, was eines ist, wie die Quadrate der Zeiten, oder

$S = T^2$, und folglich
$T = \sqrt{S}$, und (84.) $= C$.

Zusatz 1. Ist ς der Raum für $1''$, so wird

$\varsigma : S = 1^2 : T^2$, also

$S = \varsigma T^2$, oder da (85. Zuf. 2.) $C = 2\varsigma T$, also

$$T = \frac{C}{2\varsigma}$$

$$S = \frac{C^2}{4s}$$

$$T = \sqrt{\frac{S}{s}} = \frac{C}{2s}, \text{ und}$$

$$C = 2s\,T = 2\sqrt{S}s.$$

Zusatz 2. Aus einer ähnlichen Betrachtung der obigen Figur ergiebt sich, daß sich die in einzelnen Zeiten gemachten Räume verhalten, wie die ungeraden Zahlen 1, 3, 5, 7 u. s. f.

β) Gleichförmig verzögerte Bewegung.

88. Die gleichförmig verzögerte Bewegung ist der gleichförmig beschleunigten gerade entgegengesetzt. Es wird also hier die verlorne (aufgehobene) Geschwindigkeit C im nämlichen Verhältnisse stehen, in welchem oben (84.) die erlangte stand, nämlich

$$C : c = T : t, \text{ und}$$

Zusatz. reducirt auf 1″

$$C = kT.$$

89. Die Formel $S = \frac{CT}{2}$ gilt auch hier für den nichtgemachten (aufgehobenen) Raum.

Zusatz. Der in 1″ aufgehobene Raum s wird also $= \frac{1}{2}k$, und

$k = 2s$, folglich

die am Ende von T aufgehobene Geschwindigkeit $C = 2sT$, und der aufgehobene Raum $S = sT^2$.

90. Die wirkliche Geschwindigkeit G wird daher, wenn x die anfängliche bezeichnet,

$G = x - C$ (88. Zuf.)
$= x - \frac{1}{2}T$, oder (89. Zuf.)
$= x - 25T.$

91. Der wirklich gemachte Raum W wird
$W = xT - S$ oder (89. Zuf.)
$= xT - 5T^2$
$= (x - 5T)\ T$ oder
$= \left(x - \frac{k \cdot T}{2}\right) T.$

92. Die Zeit der Bewegung wird dann vollendet seyn, wenn

$x - 25\ T = o$ geworden ist, folglich

$T = \frac{x}{25}$, oder (89. Zuf.)

$= \frac{x}{k}$ seyn.

93. Die anfängliche Geschwindigkeit wird
$x = 25\ T$, oder (91.)
$= 2\sqrt{W}5.$

a) Freyer Fall der Körper.

94. In der Erfahrung finden wir die gleichförmig beschleunigte Bewegung im Fall der Körper; denn sie fallen durch die immer und gleichwirkende Anziehungskraft (Schwerkraft) der Erde.

Die Versuche, welche darüber Riccioli und Grimaldi mit 8 Unzen schweren Kugeln aus Kreide angestellt haben, gaben folgende Resultate:

In Sekunden	war der in jeder einzelnen Sekunde durchlaufene Raum in pariser Fußen	der am Ende der Zeit durchlaufene Raum
1	15 oder 1	$15 = 1^2 \cdot 15$
2	45 — 3	$60 = 2^2 \cdot 15$
3	75 — 5	$135 = 3^2 \cdot 15$
$30'' = \frac{1}{2}'$	885 — 59	$13500 = 30^2 \cdot 15$
$60'' = 1'$.	1685 — 119	$54000 = 60^2 \cdot 15$

folglich fielen die Kugeln mit gleichförmig beschleunigter Bewegung.

Zusatz 1. Versuche mit der Athwood'schen Fallmaschine.

Zusatz 2. Aus den Resultaten der Riccioli'schen Versuche ist $f = 15$ par. Fuß bekannt, und daher läßt sich nach den oben (85. 86. 87.) aufgefundenen Formeln für einen gegebenen Fall, wenn der Raum, oder die Zeit bekannt sind, alles bestimmen.

Zusatz 3. Da sich die Erde von West gegen Ost um ihre Achse dreht, und die Körper eine desto grössere Fliehkraft erhalten, je grösser der Radius des Kreises ist, den sie beschreiben, so hatte schon Newton Fallversuche in beträchtlichen Höhen vorgeschlagen, um zu erfahren, ob keine Abweichung des fallenden Körpers gegen Ost statt habe. Hook glaubte dieß auch wirklich durch (sehr grobe) Versuche gefunden zu haben. Guglielmini fand es aber ganz sicher durch seine 1790 und 1791 in dem Asinellithurme zu Bologna angestellten Versuche. Er erhielt bey einer Höhe von 241 pariser Fuß eine östliche Abweichung von 8,375, welche mit der Theorie bis auf 0,181 einer Linie übereinstimmt.

Benzenberg machte ähnliche entscheidende Versuche in dem hohen Michaelisthurme zu Hamburg, dessen Achse ganz frey ist. Seine Fallhöhe betrug 340 par. Fuß, und er bediente sich dazu einer bleiernen Kugel von $1\frac{1}{2}$ ℔ Gewicht. Gleiche Versuche machte er auch in einem 260 par. Fuß tiefen Schachte.

Das Resultat als Mittel aus 31 Versuchen, gab eine Abweichung nach Osten = 3,99. Prof. Gauß hatte sie aus der Theorie berechnet = 3,95, also mit beynahe vollkommener Uebereinstimmung der Theorie und Erfahrung.

Zusatz 4. Man sieht übrigens leicht, daß die Schwer: oder Fallkraft (der Theorie nach) abnehmen müsse, wie die Quadrate der Entfernungen wachsen; denn je weiter die Wirkung des anziehenden Punktes sich ausdehnt, auf eine desto grössere Kugelfläche wirkt sie; desto mehr muß sich ihre Wirkung also auch vertheilen, so daß die Grössen derselben im umgekehrten Verhältnisse dieser Flächen stehen. Kugelflächen verhalten sich aber, wie die Quadrate ihrer Radien. Die Radien sind die Entfernungen, folglich wird, wenn die Kräfte V, v, die Entfernungen D, d sind

$$V : v = d^2 : D^2.$$

Zusatz. Hoszfeld beweist in dem gedrängten Auszuge aus seiner versprochenen geometrischen Attractionslehre, daß die Anziehekraft einer Kugel, deren Radius = r ist, in der Entfernung D vom Mittelpunkte auf einen Punkt mit

$V = \frac{4 m \pi r^3}{3 D^2}$ wirke, wenn vorausgesetzt wird, daß

∞ cub. Lin. Erdmasse in der Entfernung von δ Fuß,

noch eine Anziehekraft = p Richtpfenningen äussere, und der constante Quotient $\frac{\delta^2 p}{\alpha} = m$ gesetzt wird.

Daraus folgt aber für die nämliche Kugel bey einer Entfernung d

$$v = \frac{4 m \pi r^3}{3 d^2}, \text{ folglich}$$

$$V : v = \frac{1}{D^2} : \frac{1}{d^2} = d^2 : D^2.$$

Zusatz. Da der Mond 60 Halbmesser der Erde von dieser entfernt ist, an ihrer Oberfläche aber V = 15 Fuß, und D = 1 ist, so wird die Wirkung der Anziehung der Erde = v, und d = 60, folglich

$$15 : v = 60^2 : 1^2, \text{ also}$$

$$v = \frac{15'}{60^2}$$

$$= \frac{3}{5} \text{ Linien.}$$

95. Die gleichförmig verzögerte Bewegung finden wir im senkrechten Steigen der Körper; denn durch die Schwerkraft müssen sie in jeder Zeiteinheit eine gleiche Geschwindigkeit verlieren.

Zusatz. Da die Wirkung der Schwerkraft auf den fallenden oder steigenden Körper gleichgroß ist, so muß auch hier der aufgehobene Raum s = 15 pariser Fuß seyn, folglich sich aus den oben (89 - 93.) gefundenen Formeln für ein gegebenes Steigen alles berechnen lassen.

b) Fall über α) eine geneigte Ebene.

96. Die gleichförmig beschleunigte Bewegung treffen wir auch im Fall auf vorgeschriebenem Wege, nämlich

α) über Eine geneigte Ebene,

β) über mehrere solche Ebenen,

γ) über einen Kreisbogen.

97. Fällt ein Körper über die geneigte Ebene ac (Fig. 25.) herab, so ist dieser Fall durch die Seitenkraft dg bewirkt. Da nun dg immer, und unter dem nämlichen Winkel wirkt, so ist es klar, daß die Bewegung eine gleichförmig beschleunigte seyn müsse. Allein das Beschleunigungsgesetz kann hier nicht dasselbe seyn, wie im freyen Falle.

98. Würde der Körper frey (senkrecht) fallen, so stele er mit der absoluten Fallkraft de, wenn er aber über die geneigte Ebene fällt, mit der respectiven Fallkraft dg.

Es verhält sich aber

$$de : dg = ac : ab$$

$$V : v = l : h, \text{ also}$$

$$v = \frac{Vh}{l}. \quad \text{Es ist aber } V = s = 15 \text{ p. Fuß.}$$

$$v = \frac{sh}{l}.$$

Daher treten alle für den freyen Fall gefundenen Formeln ein, wenn anstatt s das nach h und l entsprechende v substituirt wird, so daß

$$c = 2vt = \frac{2sht}{l}$$

$$t = \sqrt{\frac{l}{v}} = \sqrt{\frac{l^2}{gh}}$$

$$S = vt^2 = \frac{ght^2}{l}.$$

Zusatz. 1. Sollte die Bewegung über eine geneigte Ebene mit der über eine andere, in welcher die respect. Fallkraft φ, die Länge λ, die Höhe α ist, verglichen werden, so würde $\varphi = \frac{\alpha \cdot g}{\lambda}$ und $v : \varphi = \frac{h}{l} : \frac{\alpha}{\lambda}$, woraus sich alle zur Vergleichung gesuchten Daten leicht auffinden lassen.

Zusatz 2. Eben so leicht ist es, aus den (87. und 98.) aufgefundenen Formeln den senkrechten Fall mit dem Fall über eine geneigte Ebene zu vergleichen; denn es wird

$$C : c = 2gT : 2vt$$

$$S : s = gT^2 : vt^2$$

$$T : t = \sqrt{\frac{S}{g}} : \sqrt{\frac{s}{v}}.$$

Zusatz 3. Fällt daher ein Körper über die Höhe, der andere über die Länge der Ebene herab, so ist in gleichen Zeiten

$S : s = g : v$, oder (98.)

$= l : h$, also (Fig 34.)

$=$ ab : ac. Es ist aber, wenn ce senkrecht auf ab gezogen wird,

ab : ac = ac : ae, folglich

$S : s =$ ac : ac = die Höhe zu demjenigen Theile der Länge, welcher durch eine aus dem rechten Winkel senkrecht gezogene Linie an ihr abgeschnitten wird.

Zusatz 4. Daher werden alle Sehnen eines Kreises, welche an einem senkrechten Durchmesser anfangen oder enden, in der nämlichen Zeit durchlaufen; denn es sey (Fig. 34.)

ae so eine am Durchmesser ac beginnende Sehne, so bildet sie in ihrer Verlängerung eb eine geneigte Ebene, und wenn der im senkrechten Fall durchlaufene Raum S, der Durchmesser ac ist, so wird (Zus. 3.)

$$ac : s = ac : ae, \text{ also}$$

$$s = ae.$$

Zieht man ep mit dem Durchmesser parallel, und ihm gleich, cp aber parallel mit ab, so wird ec für den Kreis cep eine am Durchmesser beginnende Sehne, wird also mit $ep = ac$ in gleicher Zeit durchlaufen. Sie ist aber auch für den Kreis ace eine am Durchmesser endende Sehne, also wird auch sie, und so alle Sehnen ad, hc u. s. w. in der nämlichen Zeit durchlaufen, und es wird daher, weil (87. Zus.)

$T^2 = \frac{S}{s}$, und $T^2 = t^2$ ist, auch

$t^2 = \frac{S}{s} = \frac{h}{s} = \frac{D}{s}$, wenn D = Durchmesser ist,

$h = S = t^2 \cdot s$, und

$s = \frac{S}{t^2} = \frac{h}{t^2}$.

Zusatz 5. Um bey der Bewegung über eine geneigte Ebene die Reibung in Anschlag zu bringen, sey

der Reibungscoefficient $= \frac{n}{\mu}$.

Da die Reibung der Bewegung, also der Fallkraft entgegen wirkt, die Reibung aber, wenn r = den senkrechten Drucke auf die Ebene = $\frac{n}{\mu}$. r ist und (69.)

q : r = Sin. tot. : Cos. m

= l : b, also

$r = \frac{q \cdot b}{l}$, so wird

die Reibung $g = \frac{n}{\mu} \cdot \frac{q \cdot b}{l}$, also (98.)

1) $v = \frac{\varsigma h}{l} - \frac{n \cdot q \cdot b}{\mu \cdot l} = (\varsigma h - \frac{n}{\mu} \cdot q \cdot b) \frac{1}{l}$,

also

2) $c = (\varsigma h - \frac{n}{\mu} \cdot q \cdot b) \frac{2t}{l}$

3) $s = (\varsigma h - \frac{n}{\mu} \cdot q \cdot b) \frac{t^2}{l}$, und

4) $t = \sqrt{\frac{s \cdot l}{(\varsigma h - \frac{n}{\mu} \cdot q \cdot b.)}}$

5) Sollte durch die Reibung die Fallkraft aufgehoben, also v = o werden, so würde

$\varsigma h = \frac{n \cdot q \cdot b}{\mu}$, daher

$q = \frac{\varsigma \cdot h \cdot \mu}{n \cdot b}$

$h = \frac{q \cdot n \cdot b}{\varsigma \cdot \mu}$

$b = \frac{h \cdot \varsigma \cdot \mu}{q \cdot n}$.

β) Fall über mehrere geneigte Ebenen.

99. Geht ein Körper in seiner Bewegung entweder aus der senkrechten in eine schiefe, oder von einer geneigten Ebene auf eine unter einem andern Winkel geneigte über, so muß sich die Geschwindigkeit nothwendig verändern, weil sich die Fallkräfte ändern, entweder, weil die absolute in eine respective übergeht, oder diese mit der absoluten einen andern Winkel bildet.

Fällt der Körper (Fig. 35.) senkrecht durch AB, so erlangt er eine gewisse Geschwindigkeit, mit welcher er sich nach d fortbewegen würde, wenn ihn nicht die geneigte Ebene BC daran hinderte. Da die durch AB erlangte Geschwindigkeit die absolute Fallkraft auf BC vorstellt, so wird (98.) sich diese V zu der respectiven v auf BC verhalten = BC : BF, d. h.

V : v = Rad. : Cos. des Durchschneidungswinkels der Ebenen.

Und daher auch die Geschwindigkeiten G : g = Rad. : Cos. des Durchschneidungs W. Da aber Radius > Cos., so ist auch G > g. Es verliert also der Körper bey seinem Uebergange aus der senkrechten in die schiefe Richtung an Geschwindigkeit.

Zusatz. Da alles dieses sich auch bey dem Uebergange von einer geneigten Ebene aB auf eine andere BC gleich bleibt, so gilt das Gesagte auch für diesen Fall.

100. Da nun G : g = Sin tot. : Cos. Durchschnitts W. G aber bey gehörigem Werthe von s = 25 T, so wird

$2sT : g = \text{Sin. tot.} : \text{Cos. Durchsch. W}$, also

$$g = \frac{2sT + \text{Cos. D}}{\text{Sin. tot.}}, \text{ folglich}$$

$$\text{der Verlust } x = G - g = 2sT - \frac{2sT + \text{Cos. D}}{\text{Sin. tot.}}$$

$$= \frac{2sT . \text{Sin. tot.} - 2sT . \text{Cos. D}}{\text{Sin. tot.}}$$

$$= \frac{(\text{Sin. tot.} - \text{Cos. D})\, 2sT}{\text{Sin. tot.}}$$

$$= \frac{\text{Quersin. D} \times 2sT}{\text{Sin. tot.}}$$

$$= \text{Quersin. D} \times 2sT.$$

Zusatz 1. Daher verhalten sich die Verluste bey verschiedenen Uebergängen, wie die Quersinus der Durchschneidungswinkel.

101. Mehrere miteinander verbundene geneigte Ebenen bilden einen Theil eines Polygones. In der Bewegung über dasselbe verliert also ein Körper an Geschwindigkeit, und zwar, wenn es ein reguläres ist, im Verhältniß des Polygonwinkels.

102. Wenn aber ein Körper sich über das Polygon abDBA (Fig. 36.) bewegt, so erhält er in seiner Bewegung durch ab eine Geschwindigkeit = c, welche ihn mit verzögerter Bewegung durch bc = BA bringen würde. Aber bey seinem Uebergang auf bD verliert er x (100.), und seine anfängliche Geschwindigkeit ist nun c — x. In seiner Bewegung über bD erlangt er wieder eine neue Geschwindigkeit k, und kömmt also mit k + (c — x) in D, verliert bis B wieder k, und kann daher mit c — x nicht bis A, sondern vielleicht nur bis z steigen.

103. Indessen verhalten sich doch die Zeiten, in welchen die Theile BCD, bcd (Fig. 37.) ähnlicher Polygone beschrieben werden, wie die $\sqrt{}\sqrt{}$ derselben; denn es sind (ex hypoth.) die Winkel dce, DCE, folglich auch die Fallkräfte, die Verluste und die Beschleunigungen gleich, und heissen für BC und bc die Zeiten T, t, so wird 87.)

$$T : t = \sqrt{}BC : \sqrt{}bc.$$

Heissen für Cd, cd die Zeiten τ, ϑ, so wird

$$\tau : \vartheta = \sqrt{}CD : \sqrt{}cd.$$

Da aber wegen Aehnlichkeit der Figuren BC : bc = CD : cd, also auch

$$\tau : \vartheta = \sqrt{}BC : \sqrt{}bc, \text{ also}$$

$$T + \tau : t + \vartheta = \sqrt{}BC : \sqrt{}bc, \text{ und}$$

homologe Seiten ähnlicher Polygone sich verhalten wie die Polygone selbst; so wird

$$T + \tau : t + \vartheta = \sqrt{}BCD : \sqrt{}bcd.$$

104. Wäre der Polygonwinkel $= \frac{1}{\infty}$, so würde auch der Verlust = o; denn der Körper verliert zwar durch die unendlich vielen Winkel unendlich viele Theile seiner Geschwindigkeit; aber da dieser Verlust = Quersinus, also (Fig. 35.) = Fd, und Fd : FC = FC : FB ist, so wird $Fd \cdot FB = FC^2$.

Da aber die Winkel unendlich klein sind, so kann auch der Sinus = FC nur $= \frac{1}{\infty}$, also

$Fd \cdot FB = \frac{1}{\infty^2}$, um so mehr also

$Fd = \frac{1}{\infty^2}$ seyn.

Der ganze Verlust ist also

$$x = \infty \cdot \frac{1}{\infty^2} = \frac{1}{\infty} = 0.$$

Zusatz. Eine krumme Linie kann als ein Polygon von unendlich vielen Seiten betrachtet werden, und alle Kreise sind einander ähnlich, daher

a) verliert der Körper durch seine Bewegung im Kreise nichts an Geschwindigkeit, und

b) die Zeiten verhalten sich, wie die $\sqrt{V}$ der beschriebenen Bögen.

c) Fall in einem Kreisbogen (Pendelbewegung).

105. Die Bewegung eines Körpers in einem Kreisbogen heißt Pendelbewegung, und Pendel heißt jeder Körper, welcher an einem festen Punkte so aufgehangen ist, daß er sich um denselben frey bewegen, d. i. Schwingungen (Oscillationen) machen kann. So ist z. B. der Körper A (Fig 38.), der durch den Faden CA in C befestiget ist, und um C den Kreisbogen BAD beschreiben kann, ein Pendel.

Der Schwerpunkt des Körpers A heißt hier der Mittelpunkt der Schwingung, der unbewegliche Punkt C aber der Mittelpunkt der Bewegung, und die Entfernung des ersten von dem zweyten die Länge des Pendels.

106. Wir unterscheiden ein mathematisches und physisches Pendel. An jenem wird alles, den Schwerpunkt ausgenommen, als nicht schwer angenommen. Das physische ist selbst wieder entweder ein einfaches, oder zusammengesetztes.

Der

Der Winkel BCA oder MCA, welchen die Länge des Pendels mit der senkrechten Linie CA bildet, heißt der Erhebungswinkel (Elongationswinkel).

Zwey Pendel heissen gleichzeitig (isochron), wenn sie in gleichen Zeiten ihre Schwingungen machen. Macht ein Pendel eine Schwingung in einer Sekunde, so heißt es ein Sekundenpendel, u. s. w.

107. Man sieht aus dieser Beschreibung des Pendels, daß es in der Lage CA ruhen, in jeder andern BC, CM, CD aber, und zwar mit seiner respectiven Fallkraft, fallen, und in seiner Bewegung einen Kreisbogen beschreiben müsse.

108. Heissen für die Punkte B und M die respectiven Fallkräfte F und f, die Erhebungswinkel E und e, so wird F : f = Sin. E : Sin. e; denn wenn das Pendel in die schiefe Lage CB gekommen ist, so wird die absolute Fallkraft V (hier = HB) in die zwey Seitenkräfte BI, und BG aufgelöst, von welchen die erste in der Tangente des Bogens BA, die zweyte aber der Länge des Pendels entgegen wirkt, und folglich aufgehoben wird. Daher wird

$$V : F = BH : BI$$
$$= BH : HG.$$

Zieht man BP auf AC senkrecht, so wird BP der Sinus des Erhebungswinkels BCP = E, und, da im Dreyecke BCP der Winkel P = 90°, und

CBP + PBI = 90°,

im Dreyecke IBH aber

der Winkel I = 90°, und

PBI + IBH = 90°, so ist

CBP + PBI = PBI + IBH, also
CB ∢P = IBH, folglich
△ PCB ∽ △ IBH ∽ △ BHG, also
V : F = BC : BP
= L : Sin. E, und

$$F = \frac{V \,.\, \text{Sin. E}}{L} = \frac{\sigma \,.\, \text{Sin. E}}{L}.$$

Eben so wird für den Punkt M

$$f = \frac{V \,.\, \text{Sin. e}}{L} = \frac{\sigma \,.\, \text{Sin. e}}{L}, \text{ also}$$

F : f = Sin. E : Sin. e.

Zusatz. Zieht man zu den Punkten B, M, A (Fig. 39.) die Tangenten, und durch B und M die senkrechten Linien wx, yz, so wird

△ BCP ∽ △ BIy, und
△ CMO ∽ △ Mix, also
CB : BP = BI : By, oder
L : Sin. E = Sin. tot. : Sin. BIy, also
V : F = Sin. tot. : Sin. BIy, und

$$F = \frac{V \,.\, \text{Sin. BIy}}{\text{Sin. tot.}} = \frac{\sigma \,.\, \text{Sin. BIy}}{\text{Sin. tot.}}.$$

Eben so ist in M

$$f = \frac{V \,.\, \text{Sin. Mix}}{\text{Sin. tot.}} = \frac{\sigma \,.\, \text{Sin Mix}}{\text{Sin. tot.}}, \text{ also}$$

F : f = Sin BIy : Sin. Mix.

Zusatz 2. Da sowohl die Sinus der Erhebungswinkel, als die Sinus der Winkel, welche die an den Punkten B, M des Bogens gezogenen Tangenten mit der horizontalen Tangente bilden, von B bis A immer abnehmen, so ist die Bewegung zwar keine

gleichförmig beschleunigte und verzögerte; aber für nicht äusserst genaue Resultate, und sehr kleine Bögen bey einer beträchtlichen Länge des Pendels diese Annahme immer zureichend.

109. Man kann daher, wenn auch schon der von Kelllius zuerst eingeführte Satz, „die Bewegung im Bogen sey = der Bewegung auf der entsprechenden Sehne" nicht ganz wahr ist, doch bey kleinen Bögen langer Pendeln annehmen, daß ihre Schwingungen gleichzeitig sind (98. Zus. 4.).

Zusatz. Nur die Radlinie (Cycloide) ist eine tautochronische Linie.

110. Wenn T und t die Schwingungszeiten von zwey Pendeln sind, so wird (bey gleichen absoluten Fallkräften) $T : t = \sqrt{L} : \sqrt{l}$; denn (104. b.)

$$T : t = \sqrt{\overline{BAD}} : \sqrt{\overline{bad}}, \text{ also}$$
$$= \sqrt{L} : \sqrt{l}.$$

Zusatz. Sind N, n die Anzahl der Schwingungen in den Zeiten T, t, so wird

$$N : n = \sqrt{l} : \sqrt{L}; \text{ denn}$$
$$N : n = \frac{1}{T} : \frac{1}{t}, \text{ also (110.)}$$
$$= \sqrt{l} : \sqrt{L}.$$

111. Unter der Voraussetzung, daß der Fall über die Sehne dem über den Bogen gleich gesetzt werden kann, folgt (98. Zus. 4.), daß ein Körper, welcher über die Sehne fällt, dazu die Zeit $t = \sqrt{\frac{D}{\sigma}}$ braucht, bey einem Pendel also, wo D = 2 Längen desselben

$t = \sqrt{\frac{2L}{\sigma}}$, also für die ganze Schwingung

$t' = 2\sqrt{\frac{2L}{\sigma}}$.

Allein diese Voraussetzung ist selbst nicht genau, folglich auch das daraus Gefolgerte.

Zusatz. Die Formeln werden aber genügend, wenn sie nach dem in der höhern Mechanik zu beweisenden Satz „es verhalte sich die Fallzeit durch den Durchmesser zu der über was immer für einen Bogen $= \frac{1}{4}\pi : 1''$ verändert werden. Da nämlich

$T^2 = \frac{S}{\frac{1}{\sigma}}$, so wird

$t : \sqrt{\frac{S}{\sigma}} = \frac{1}{4}\pi : 1$;

$t : \sqrt{\frac{2L}{\sigma}} = \frac{1}{4}\pi : 1$, also

$t = \frac{\pi}{4}\sqrt{\frac{2L}{\sigma}}$, für eine ganze Schwingung

$t' = \frac{1}{2}\pi\sqrt{\frac{2L}{\sigma}} = \pi\sqrt{\frac{L}{2\sigma}}$, folglich

$L = \frac{2t'^2\sigma}{\pi^2}$ und

$\sigma = \frac{L\pi^2}{2t'^2}$.

112. Es verhalten sich also die Zeiten der Schwingungen von zwey Pendeln, wenn die absoluten Fallkräfte verschieden sind

$T : t = \pi\sqrt{\frac{L}{2V}} : \pi\sqrt{\frac{1}{2V}}$

$= \sqrt{\frac{L}{V}} : \sqrt{\frac{1}{V}}$ und

$$N : n = \pi \sqrt{\frac{l}{2V}} : \pi \sqrt{\frac{L}{2V}}$$
$$= \sqrt{\frac{l}{V}} : \sqrt{\frac{L}{V}}.$$

Zusatz 1. Wäre aber $V = v$, so würde
$T : t = \pi \sqrt{L} : \pi \sqrt{l}$, also wie oben (110.)
$= \sqrt{L} : \sqrt{l}$, und
$N : n = \sqrt{l} : \sqrt{L}$.

*) Versuche mit verschiedenen Pendeln.

Zusatz 2. Wenn $N = n$, so wird,
$\sqrt{L} : \sqrt{l} = \sqrt{V} : \sqrt{v}$, oder
$V : v = L : l$.

α) Physisches Pendel.

113. Bey dem physischen Pendel muß immer erst der Schwingungspunkt bestimmt werden. Man findet seinen Abstand von dem Mittelpunkte der Bewegung leicht aus 110, und der an einem Orte bekannten Länge eines Sekundenpendels. Bemerkt man nämlich die Anzahl N der kleinen Schwingungen, welche so ein Pendel in 1 Min. macht, so ist, wenn seine Länge $= L$, die eines Sekundenpendels $= l$ (110.),
$L : l = T^2 : t^2$, und, weil in 1 Min. N Schwingungen gemacht werden, die Zeit einer Schwingung $T = \frac{60}{N}$, also

$$L : l = \left(\frac{60}{N}\right)^2 : 1, \text{ und}$$

$$L = \left(\frac{60}{N}\right)^2 . l.$$

Zusatz. Wären z. B. die Anzahl der Schwingungen in 1 Minute 20, die Länge des Sekundenpendels = 440,60 Linien, so würde der Abstand des Schwingungspunktes von dem Aufhängspunkte

$$= L = \left(\frac{60}{20}\right)^2 . 440{,}60 = 9 . 440{,}60$$
$$= 3965{,}40 \text{ Linien} = 330{,}45 \text{ Zolle.}$$

114. Alle physischen Pendel leiden nothwendig durch Wärme und Kälte Verlängerungen oder Verkürzungen. Um diesen vorzubeugen, hat man verschiedene Anrichtungen erdacht.

Graham verband zu diesem Behuf mit der Pendelstange eine Queckfilbersäule. Romain eine kupferne, mit einer eisernen Stange, nach einer eigenen sinnreichen Anrichtung, aus welcher die 1728 von Harrison erfundene und 1740 von Graham ausgeführte Roste compensations-Pendel hervorgegangen zu seyn scheinen.

Weitläuftiger davon in der Vorlesung! —

115. Den ersten Gebrauch von den Pendeln machte man dadurch, daß man sie zu Zeitmessern bestimmte. Galiläo Galiläi, dem wir überhaupt die ganze Lehre vom Fall der Körper zu verdanken haben, verfiel zuerst auf diesen Gedanken. Riccioli und Grimaldi wendeten sie schon an bey ihren Versuchen über den senkrechten Fall der Körper (94.), und Huygens brachte sie an den Uhren an.

116. Die zweyte eben so wichtige Anwendung fand das Pendel bey der Untersuchung über die verschiedene Schwere an verschiedenen Orten der Erde.

Als 1672 Richer von der pariser Akademie zu Beobachtungen nach Cayenne, nahe am Aequator,

geschickt wurde, gieng bey seiner Ankunft sein von Paris mitgebrachtes Sekundenpendel zu spät, und er mußte es um 1 $\frac{1}{4}$ Linie verkürzen. Im Jahre 1736 kam Maupertuis mit ähnlichen Aufträgen nach Pello in Lappland (66° 48′ N. B). Sein Pendel gieng zu früh, und er mußte es daher verlängern.

In der Folge ergab sich aus Bouguer's, la Caille's, Condamine's, Picard's u. a. Beobachtungen, daß die Pendellänge

unter dem Aequator	0°	0′	Breite	=	439,10
in Porto bello .	9	34	.	=	439,18
in klein Goava .	18	27	.	=	439,37
am Vorgeb. d. gut. Hof.	33	55	.	=	440,05
in Paris . .	48	50	.	=	440,60
in Pello . .	66	48	.	=	441,17
unter dem Pole .	90°	00	.	=	441,69

pariser Linien betragen müsse, um ein Sekundenpendel zu geben.

Aus allen diesen Beobachtungen ergab sich das Resultat, daß die Schwere an den verschiedenen Beobachtungsorten verschieden, und zwar unter dem Aequator am kleinsten ist, gegen die Pole hin zunimmt, und da am größten wird.

Zusatz. Dieses Gesetz geht selbst aus der Achsenbewegung der Erde hervor, und das Verhältniß der Schwere unter dem Aequator und dem Pole ist = 43910 : 44169, oder = 169 : 170. Da aber dieses Resultat nicht ganz beständig ist, so nimmt Mollet als Mittel aus vielen Beobachtungen das Verhältniß = 199 : 200 an.

117. Da die Schwerkraft mit den Entfernungen, und zwar im Quadratverhältniß derselben abnimmt, so war zu vermuthen, wie's Bouguer, Condamine und Gaudin durch Versuche gefunden haben, daß ein Pendel, welches am Amazonenflusse in 24 Stunden 98770 Schwingungen gemacht hatte, in einer Höhe von 1400 Klaftern (in Quito) nur 98740, und noch 750 Klafter höher (auf dem Berge Pichinka) 98720 machte, und die Schwere also abgenommen habe, wie sie sich von dem Mittelpunkte der Erde entfernet hatten.

β) Bewegung eines schallenden Körpers.

118. Mit den Schwingungen eines Pendels lassen sich die Schwingungen eines schallenden Körpers (wenigstens) vergleichen. Daß der Schall aber, in so weit er im schallenden Körper ist, nichts sey, als eine gewisse Art Schwingungen, in welche er durch eine äussere Wirkung versetzt wird, beweisen viele Versuche. Damit aber die Schwingungen Schall für ein hörendes Individuum werden, müssen sie durch ein elastisches Medium bis zu den Gehörsorganen fortgepflanzt werden.

119. Diese Fortpflanzung giebt eine Wellenbewegung durch successives Zusammendrücken und Ausdehnen, ohne progressive Bewegung. Schlägt nun eine dieser Schallwellen an das Gehörsorgan, so bringt sie in demselben den Schall hervor.

Zusatz. Daß diese Fortpflanzung in einem ausdehnbaren Stoffe in Sphaeram, zum Ohr des Hörenden aber in einer geraden Linie (als Schallstrahl) ge-

schehen müsse, folgt aus der Natur eines ausdehnbaren Stoffes, und lehrt die Erfahrung.

120. Das Fortpflanzungsvermögen der Stoffe ist sehr verschieden. Atmosphärische Luft ist zwar das gewöhnliche Medium, durch welches wir den Schall wahrnehmen, aber deßwegen bey weitem nicht das beste. Perolle's Versuche lehren, daß die meisten festen und tropfbar flüssigen Körper besser fortpflanzen als die atmosphärische Luft. — Die Holzarten folgen in ihrem Fortpflanzungs-Vermögen aufeinander, wie Weißtanne, Brasilienholz, Buxbaum, Eichen, Kirschbaum, Kastanie. Schlechter als sie, oder besser als Luft, pflanzen Metalle fort, und zwar in der Ordnung: Eisen, Kupfer, Silber, Gold, Zinn, Bley.

Noch schlechter, aber immer noch besser als Luft, pflanzen Schnüre fort, und folgen aufeinander wie Haar, Seide, Hanf, Flachs, Wolle, Baumwolle.

Das Ticken einer Uhr hörte Perolle in der Luft bey 8, in Weingeist bey 12, in Terpentinöhl bey 14, in Olivenöhl bey 16, in Wasser bey 20 Fuß Entfernung.

Hieraus schließt Arnim, daß das Vermögen der festen Körper, den Schall fortzupflanzen, im Verhältnisse der Cohärenz, das der flüssigen aber im Verhältnisse ihres respectiven Gewichtes stehe.

Zusatz 1. Hassenfratz's, Wünsch's und Biot's Versuche in den Steinbrüchen unter Paris, an Dachlatten, eisernen Gittern, bleiernen Röhren u. s. w., weisen auf das nämliche Gesetz.

Zusatz 2. Das nämliche Gesetz, wie für tropfbar Flüssige, fand schon Priestley auch für die Gasarten; denn im Wasserstoffgas hörte er den Ton einer Klingel beynahe gar nicht, im Sauerstoffgas stärker als in atmosphärischer Luft, und im Kohlensaurengas wohl doppelt so stark.

Zusatz 3. Daß sich der Schall auch fortpflanze in Wasser-, Weingeist- und Aetherdünsten, hat Biot durch das deutliche Hören einer Gloke, welche in ihnen angeschlagen wurde, erfahren.

Zusatz 4. Die Gehörswerkzeuge sind das Ohr, und die eustachische Röhre. — Beschreibung derselben, und der Funktionen ihrer Theile in der Vorlesung.

121. Stößt eine Luftwelle in ihrer Ausdehnung gegen ein Hinderniß, welches die weitere Wellenbewegung aufhebt, so wird die Luft in entgegengesetzter Richtung zusammengedrückt, und in eine der vorigen entgegengesetzte Wellenbewegung versetzt. Die Erfahrung hat gelehrt, daß der Winkel, welchen eine gerade Linie vom schallenden Körper zum Reflexionspunkt gezogen, mit dem Hindernisse bildet, (ungefähr) gleich dem Winkel ist, welchen das Hinderniß mit einer vom Reflexionspunkte zu dem Ohre gezogenen Linie macht.

Zusatz 1. Wirkung und Einrichtung der Sprachröhre. — Hören im Brennpunkte eines Hohlspiegels, Sprachgewölbe, Sprachmaschinen, unsichtbare Frau u. s. w.

Zusatz 2. Das Echo ist nichts, als eine solche entgegengesetzte Fortpflanzung (Reflexion) des Schalles. Nach Gibbons Leben spricht ein fertiger englischer Redner ungefähr 7 Sylben in 2 Sekunden.

Werden daher von dem Schall 1040 Fuße in 1 Sekunde durchlaufen, so müßte der Abstand eines Hindernisses für ein 7sylbiges Echo 1040 Fuße betragen. Für ein einsylbiges werden 70 bis 90 Fuß Entfernung erfordert.

122. Die Geschwindigkeit der Fortpflanzung des Schalles in der atmosphärischen Luft ist sehr groß. Winkler hat die Resultate der verschiedenen Versuche gesammelt. Es fand nämlich für eine Sekunde

Gassendi den Weg . = 1473 par. Fuße.
Die Florentiner Akademie = 1185
Mersenne . . . = 1380
Cassini und Huyghens = 1171
Cassini und Maraldi . = 1038 / = 1041
de la Condamine . = 1101 / = 1050.

Allein alle diese Versuche wurden mit noch zu unvollkommenen Zeitmessern angestellt. Daher verdienen die von Kästner und Maier 1778, und von Major Müller 1791 bey Göttingen mit Tertienuhren angestellten Versuche den Vorzug.

Jene fanden den Weg = 1037 par. Fuß.
Dieser . . . = 1040.

Aber auch bey diesen Versuchen wurde die Temperatur nicht berücksichtiget. Daher müssen sie immer nach derselben verbessert werden. Benzenberg hat daher eine Tabelle geliefert, nach welcher

bey Reaum. Grad.	die Geschwindigkeit in pariser Fuß.
— 10	1003,8
— 5	1015,5
0	1027,0
+ 5	1038,9
10	1050,7
15	1062,0
20	1074,0
25	1085,5
30	1096,9

Das Mittel von 5 zu 5 Graden giebt einen Unterschied = 11,637, für 1° also = 2,3274 par. Fuß, folglich die Geschwindigkeit bey r° über oder unter 0° = 1027 $\pm$ r . 2,3274 (auf einige Decimallinien genau).

Zusatz 1. Wären die Luftarten, mit welchen Versuche angestellt worden sind, vollkommen rein gewesen, so würde (die Geschwindigkeit des Schalls in atmosphärischer Luft bey 0° = 1027 par. Fuß gesetzt) diese Geschwindigkeit

in	nach Chladni	Kerby und Merrik	Benzenberg	im Mittel
Kohl. s. Gase	857	864	860	860
Sauerstoffgase	923	980	942	948
Stickgase	966	1080	1032	1026
Wasserstoffgase	2070	2180	2054	2074

Allein sie waren höchstwahrscheinlich sehr unrein, und daher die Resultate nicht genau.

Indessen geht aus ihnen doch das Resultat hervor, daß die Geschwindigkeit zunimmt, wenn das respective Gewicht abnimmt.

Zusatz 2. Die Geschwindigkeit der Fortpflanzung in Dämpfen setzte schon Newton = 1027,6, Benzenberg aber setzt sie = 1030 par. Fuß.

Diese Daten stimmen in das obige Gesetz, und die Geschwindigkeit der Fortpflanzung fällt, wie das respective Gewicht, zwischen das Stikgas und Wasserstoffgas.

123. Diese Fortpflanzung geschieht übrigens mit gleichförmiger Bewegung; denn die Florentiner Akademisten fanden, daß die Fortpflanzung des Schalles abgeschossener Geschütze von verschiedenem Kaliber zu der Hälfte des Weges auch nur die Hälfte der Zeit brauche, und daß die Verschiedenheit des Schalles darin keine Aenderung verursache.

124. Die Stärke des Schalles hängt ab von der Grösse der Schwingungen des schallenden Körpers, von der Dichtigkeit und Elastizität der Luft, von der Nähe des schallenden Körpers; die Dauer desselben aber von der Dauer einzelner Schwingungen, oder von dem Vermögen, die Schwingungen längere Zeit fortzusetzen.

Zusatz. Daher der Schall elastischer Körper, das Mischen verschiedener Metalle bey der Verfertigung schallender Körper u. s. w.

125. Wenn von einem schallenden Körper eine bestimmte Anzahl Schwingungen in einer bestimmten

Zeit (einer Sekunde) gemacht wird, so erhält der Schall den Namen des Tones.

Zusatz. Dazu werden in einer Sekunde den Erfahrungen gemäß wenigstens 65 Schwingungen erfordert.

126. Es schwingen aber nicht alle Theile eines schallenden Körpers, sondern einige derselben bleiben in Ruhe. Die Körper haben daher Schwingungsknoten, und bilden auf Glas — oder dünnen Metallscheiben, welche mit kuglichtem Sande u. dgl. bestreut, und an ihren Extremitäten mit einem Violinbogen angestrichen werden, sehr reguläre Figuren, welche D. Chladni (ihr Entdecker) Klangfiguren nennt.

Die Gesetze und der Entstehungsgrund dieser Figuren sind noch nicht aufgefunden. Aber sie scheinen doch auf eine wellenförmige Bewegung auch der festen tönenden Körper hinzudeuten, welches sich besonders dann bestätiget, wenn man sich anstatt des Sandes (wie Oersted) des Bärlappsamens bedient.

Der Erfinder der Klangfiguren begnügte sich, eine Menge solcher Figuren nach der verschiedenen Form der Flächen, und der Höhe der Töne zu beschreiben und zu zeichnen (die Akustik bearbeitet v. Chl. 1802), ohne sich mit der verwickelten Theorie der zum Grunde liegenden schwingenden Bewegung zu befassen. Jacob Bernoulli versuchte es, davon eine Theorie zu geben (Nov. Act. Petrop. 1787). Aber die Resultate derselben stimmen wenig mit Chladni's Erfahrungen überein.

Oersted untersuchte den Mechanismus dieser Bewegung durch Bärlappsamen, und maß die Figuren

durch eine in 1600 Quadrate getheilte Metallplatte. Daraus gieng ihm hervor, daß die Knoten nicht, wie Chladni angiebt, gerade, sondern hyperbolische Linien sind, deren Asymptoten die eigentlichen Knotenlinien bilden. Weiter aber führt auch dieser Aufsatz nicht; denn was von der Wellenbewegung, die vom Punkte, welcher geschlagen, oder mit dem Violinbogen gestrichen wird, gesagt ist, giebt nur im allgemeinen eine beyläufige Vorstellung von der Sache, ohne sie genauer zu erörtern, nichts zu sagen von dem, daß die Erfahrung der Muthmassung, die Wellenbewegung gehe vom angegriffenen Punkte aus, zu widersprechen scheint.

Zusatz 1. Voigt hat auch an Saiten die Schwingungsknoten durch kleine, auf ihnen angeklebte Papierchen dargethan, und ihre beyläufigen Gesetze bestimmt.

Zusatz 2. Wir haben den Ton vorzugsweise an Saiten- und Blaseinstrumenten zu beachten. In jenen entsteht er durch Transversal-Schwingungen der Saiten, in diesen durch Longitudinal-Schwingungen der in ihnen enthaltenen Luft.

127. Wenn eine Saite ganz schwingt, ohne sich in irgend eine Anzahl gleicher Theile zu theilen, wie dieß bey den musikalischen Instrumenten der Fall ist, so beschreibt sie abwechselnd die Krümmungen (Fig. 40.) AMB, ANB, so, daß sich jede Hälfte der Saite AC, BC als ein Pendel ansehen läßt, welches den Bogen MαN, MβN beschreibt. Nun ist aber (112. Zus.)

$$N : n = \sqrt{\frac{V}{L}} : \sqrt{\frac{v}{l}};$$

hier aber die Länge des Pendels $= \frac{1}{2}$ Länge der Saite, folglich

$$N : n = \sqrt{\frac{V}{\frac{1}{2}L}} : \sqrt{\frac{v}{\frac{1}{2}l}}, \text{ und}$$

$$N^2 : n^2 = \frac{V}{L} : \frac{v}{l}.$$

Die Fallkraft V in der Pendelbewegung ist hier durch die Elastizität der Saite ersetzt, welche desto grösser ist, je grösser das spannende Gewicht P, und je kleiner die Masse M ist, folglich

$$N^2 : n^2 = \frac{P}{M \cdot L} : \frac{p}{m \cdot l}.$$

Die Masse einer gleichförmigen Saite M ist $=$ dem Produkte aus der Basis B, und der Länge L, und die Basen stehen im Verhältnisse der Quadrate der Durchmesser D, also

$$N^2 : n^2 = \frac{P}{D^2 \cdot L^2} : \frac{p}{d^2 \cdot l^2}, \text{ und}$$

$$N : n = \frac{\sqrt{P}}{D \cdot L} : \frac{\sqrt{p}}{d \cdot l}.$$

Zusatz 1. Daher werden die Zeiten einzelner Schwingungen, weil $T : t = n : N$

$$T : t = \sqrt{\frac{M \cdot L}{P}} : \sqrt{\frac{m \cdot l}{p}}$$

$$= \frac{D \cdot L}{\sqrt{P}} : \frac{d \cdot l}{\sqrt{p}}.$$

Zusatz 2.

Zusatz 2. Vergleicht man die Zeit der Saitenschwingung T mit der Zeit der Schwingung eines Sekundenpendels, dessen Länge l ist, so wird (112. Zus. 1.)

$$T : t = \sqrt{\frac{M \cdot L}{P}} : \pi \sqrt{l}$$

$$T : 1 = \sqrt{\frac{M \cdot L}{P}} : \pi \sqrt{l}, \text{ also}$$

$$T = \sqrt{\frac{M \cdot L}{P}} : \pi \sqrt{l}$$

$$= \frac{1}{\pi} \sqrt{\frac{M \cdot L}{P \cdot l}}$$

128. Für Blasinstrumente z. B. Flöten, Orgelpfeifen u. s. w. gilt beynahe ganz die für die Saiten gegebene Formel. Die Anzahl der Schwingungen hängt nämlich ab von der Kleinheit der in Schwingungen versetzten Luftmasse, welche, wenn die Länge des Instrumentes L, der Durchmesser D ist, $= L D^2$ wird. Die Stelle des spannenden Gewichtes bey der Saite $= P$ vertritt hier der Druck der atmosphärischen Luft, welcher, wenn die entsprechende Höhe $= A$ gesetzt wird, $= A D^2$ ist, folglich wird

$$N^2 : n^2 = \frac{D^2 A}{D^2 L^2} : \frac{d^2 a}{d^2 l^2}$$

$$= \frac{A}{L^2} : \frac{a}{l^2}$$

Es bleibt aber A immer $= a$, weil, wenn eine Veränderung in Rücksicht der Elastizität, und des Druckes vorgeht, diese Veränderung im nämlichen Verhältniß auf die äußere, wie auf die in dem Instrumente enthaltene Luft wirkt, also wird

$$N^2 : n^3 = \frac{1}{L^2} : \frac{1}{l^2}, \text{ und}$$

$$N : n = \frac{1}{L} : \frac{1}{l}$$

Zusatz. Die Zeiten der einzelnen Schwingungen also

$$T : t = L : l$$

129. Die Höhe oder Tiefe eines Tones hängt der Erfahrung gemäß von der Anzahl der Schwingungen ab, welche in einer Sekunde gemacht werden, so, daß gleichzeitig schwingende Saiten gleiche Höhe des Tones geben, und der Ton immer höher wird, je grösser die Anzahl der Schwingungen wird.

Zusatz. Die Erfahrung, welche Pythagoras zuerst gemacht haben soll, lehrt, daß sich die Anzahl der Schwingungen verhält

in der Octave	=	1 : 2
in der Quinte	=	2 : 3
in der Quarte	=	3 : 4
in der Terz major	=	4 : 5
in der Terz minor	=	5 : 6
in der Doppeloctave	=	1 : 4 u. s. w.

130. Das Zusammenstimmen der Töne besteht gemäß der Erfahrung darin, daß wenige Schwingungen des einen erfordert werden, um mit der eines andern zugleich zu enden. Daher ist die reinste Zusammenstimmung in der Octave, weil die Töne schon nach 2 Schwingungen wieder zugleich zu schwingen anfangen.

Zusatz 1. Die Kunst, Accorde zu setzen, besteht also darin, daß man solche Töne mit einander verbindet, welche in der kürzesten Zeit zugleich zu schwingen aufhören.

Zusatz 2. Die Kunst, eine vielstimmige Musik zu setzen, erfand am Anfange des 11ten Jahrhunderts der Benedictinermönch Guido Aretin.

131. Eine vorzügliche Art des Tones ist die thierische Stimme. Er wird, nach Farrin's Erfahrungen mit Kehlköpfen verschiedener Thiere, durch die Einrichtung des Luftröhrenkopfes erzeugt.

Zusatz 1. Die Sprache ist bey ihrem Austritte aus dem Kehlkopfe nur Stimme, welche erst im Munde zur Sprache wird, wozu die Zunge, der Gaumen, die Mundhöhlung, die Lippen, die Zähne, und sogar die Nase beitragen müssen.

Zusatz 2. Die besondern Laute z. B. Husten, Lachen u. dgl., erklären sich jedem, der darauf aufmerksam ist, von selbst.

2. Zusammengesetzte Bewegung.

132. Wirken auf einen Körper mehrere bewegende Kräfte zugleich, so wird, wenn a) ihre Richtungen einander entgegen gesetzt, und die Kräfte gleich sind, der Körper ruhen,

b) aber sich nach dem Uebergewichte, und der Richtung der grössern bewegen, wenn sie ungleich sind.

c) Sind die Kräfte gleichartig, aber wirken unter Winkeln, so kann der Körper keiner dieser

Kräfte ganz folgen, sondern beschreibt die Diagonale des Parallelogrames, dessen Seiten sich zu einander wie die Kräfte verhalten. Der Körper A (Fig. 41.), wenn er von den Kräften S = AC, und R = AB unter dem Winkel BAC getrieben wird, beschreibt also die Diagonale AD, und ist dadurch der Kraft AB = CD, und der Kraft AC = BD gefolgt.

Der mathematische Beweis dieses Satzes ist schon oben (51 , 52.) gegeben worden.

d) Sind aber die unter Winkeln wirkenden Kräfte ungleichartig, so muß der Körper zwar auch aus A nach D kommen; aber seine Richtung kann keine gerade Linie mehr seyn; denn es erzeuge die Kraft R eine gleichförmige, S aber eine gleichförmig beschleunigte Bewegung, so werden in 3 gleichen Zeittheilchen die durch R gemachten Räume AM, MN, NB gleich seyn, die durch S gemachten AG, GH, HC sich verhalten, wie 1, 3, 5 (87. Zus. 2.). Daher wird der Körper nach dem ersten Zeittheilchen in m, nach dem zweyten in n, nach dem dritten in D in der gebrochenen Linie AmnD angekommen seyn. Da sich nun bey einer wirklichen Bewegung die Geschwindigkeit auf AC in jedem kleinsten Zeittheilchen ändert, so muß der in demselben gemachte Weg, und der Winkel, welchen eine Richtung mit der andern macht, selbst ein kleinster, die ganze Linie selbst eine krumme seyn.

133. Diese Art der Bewegung durch Zusammensetzung der Kräfte finden wir bey dem Wurfe der Körper. Die krumme Linie, welche hier beschrieben wird, ist (nach der Theorie) eine Parabel, welche bey

dem schiefen Wurfe ganz, bey dem horizontalen aber nur zur Hälfte beschrieben werden kann.

Zusatz 1. Die Gesetze dieser Bewegungen können nur in der höhern Geometrie abgehandelt werden, wohin also hier auch verwiesen werden muß.

Zusatz 2. Bestättigung durch Versuche mit der Diagonal- und ballistischen Maschine.

Kreisbewegung.

134. Die zusammensetzte Bewegung finden wir gleichfalls in der Bewegung eines Körpers um einen Mittelpunkt (Centralbewegung).

Zusatz. Hier kann nur die Rede von der Bewegung im Kreise seyn, weil die Bewegung in einer Ellipse Kenntnisse der höhern Mathematik voraussetzt.

135. Zu der Bewegung im Kreise sind immer zwey Kräfte nothwendig. Eine derselben wirkt immer (Fig. 42.) zu dem Mittelpunkte O hin, und heißt Centripetalkraft, die andere aber strebt, den Körper nach der Tangente des Punktes im Kreise, an welchem er sich befindet, wegzutreiben, und heißt daher Tangentialkraft (Centrifugalkraft). Der beständige Punkt, um welchen die Bewegung geschieht, heißt Mittelpunkt der Bewegung, und jeder Radius heißt Radius Vector, der zwischen zwey Radien Vectoren und dem eingeschlossenen Theil der Curve liegende Raum ein Flächenraum, die Curve selbst die Bahn, und die Zeit, die er braucht, um die Bahn zu beschreiben, Umlaufszeit.

136. Wird nämlich der Körper A (Fig. 42.) von den Kräften AC und AB getrieben, welche sich in A

unter einem rechten Winkel durchschneiden, so wird er seine Bewegung durch Ad anfangen, und hier, wenn AC nicht mehr auf ihn wirkte, in der Tangente dD fortsetzen. Wirkt aber auch hier AC = dH senkrecht zu der Tangente dD auf ihn, so beschreibt er wieder die Diagonale ed u. s. w., bis er wieder durch die unendlichmal gebrochene (krumme) Linie Adefg..... in A ankömmt.

137. Die Centralbewegung im Kreise ist eine gleichförmige Bewegung (82.) oder, wenn A, a die Flächenräume, T, t die Zeiten sind, so ist

$$A : a = T : t;$$ denn

da die sehr kleinen und gleichen Theile der Bahn Ad, de, ef (Fig. 42.) für gerade Linien gelten, und die Dreyecke AOd, und dOD wegen der gleichen Grundlinien, und der gemeinschaftlichen Höhe gleich sind, so wird, weil auch $\triangle$ dOD = $\triangle$ dOe, auch $\triangle$ AOd = $\triangle$ dOe. Diese Dreyecke sind aber die im ersten und zweyten Zeittheilchen gemachten Flächenräume, also werden in gleichen Zeiten gleiche Räume gemacht, die Bewegung ist also eine gleichförmige.

138. Bezeichnet V die Centripetalkraft, C die Geschwindigkeit, und R den Radius, so verhalten sich die Centripetalkräfte zweyer Kreisbewegungen

$$V : v = \frac{C^2}{R} : \frac{c^2}{r};$$ denn

wenn der Körper in dem ersten $\frac{1}{n}$ Zeittheilchen den Weg AB (Fig. 43.) beschreibt, so drückt Am die Centripetalkraft aus. Es ist aber, weil hier der Bogen = seiner Sehne gesetzt werden kann,

$Am : AB = AB : AF$

$= AB : 2R$, also

$Am = \frac{AB^2}{2R}$. In der gleichförmigen Bewegung verhalten sich die Räume wie die Geschwindigkeiten, also

$Am = V = \frac{C^2}{2R} = \frac{C^2}{R}$:

Das Nämliche gilt für eine andere Bewegung im Kreise a b f, wo

$v = \frac{c^2}{r}$, also

$$V : v = \frac{C^2}{R} : \frac{c^2}{r}$$

Zusatz 1. Da in der gleichförmigen Bewegung (82.) $C = \frac{S}{T}$, hier aber $S =$ Peripherie, jede Peripherie aber $= R\,\pi$, so wird

$$C = \frac{R\pi}{T}, \text{ und } C^2 = \frac{R^2\,\pi^2}{T^2}, \text{ folglich}$$

$$V : v = \frac{R.^2\,\pi^2}{R.T^2} : \frac{r^2\,\pi^2}{r.t^2}$$

$$= \frac{R}{T^2} : \frac{r}{t^2}$$

Zusatz 2. Wenn sich aber die Quadrate der Umlaufszeiten, wie die Cuben der Radien verhalten, so wird, weil dann $T^2 = R^3$

$$V : v = \frac{1}{R^2} : \frac{1}{r^2}.$$

139. Die Geschwindigkeiten stehen im Verhältniß von $\sqrt{}^2 \sqrt{R}$; denn (138.)

$$V : v = \frac{C^2}{R} : \frac{c^2}{r}, \text{ also}$$

$$VR : vr = C^2 : c^2, \text{ und}$$

$$C : c = \sqrt{VR} : \sqrt{vr}$$

Zusatz. Wäre $V = v$, so würde

$$C : c = \sqrt{R} : \sqrt{r}$$

140. Da (138. Zus. 1.) $V : v = \frac{R}{T^2} : \frac{r}{t^2}$, so wird

$V : v = R.t^2 : r.T^2$, also die Umlaufszeiten

$$T : t = \sqrt{\frac{v}{r}} : \sqrt{\frac{V}{R}}$$

Zusatz 1. Wenn daher $v = V$,

$$T : t = R : r$$

Zusatz 2. Ist aber $V : v = \frac{1}{R^2} : \frac{1}{r^2}$; so wird

$T^2 : t^2 = R^3 : r^3$, welches das grosse Gesetz der Bewegung der Planeten unsers Sonnensystemes ist.

141. Wird bey dieser Bewegung auch auf die Masse Rücksicht genommen, so wird offenbar

$$V : v = \frac{MC^2}{R} : \frac{mc^2}{r} = \frac{MR}{T^2} : \frac{mr}{t^2}, \text{ daher}$$

$$C : c = \sqrt{\frac{VR}{M}} : \sqrt{\frac{vr}{m}}$$

$$T : t = \sqrt{\frac{MR}{V}} : \sqrt{\frac{mr}{v}}.$$

142. Um die verschiedenen Data dieser Bewegung selbst finden zu können, dienen folgende Betrachtungen:

a) Die Centripetalkraft V läßt sich immer ausdrücken durch die (als ihre Wirkung) hervorgebrachte

Geschwindigkeit. Bewegte sich nun in der kleinsten Zeit der Körper von A nach B, so hätte er in der nämlichen Zeit im Fall durch $Am. = \sigma$ die Geschwindigkeit k erlangt, mit welcher er, wenn sie anfängliche Geschwindigkeit einer gleichförmigen Geschwindigkeit gewesen wäre, den doppelten Raum $= 2\sigma$ gemacht hätte, daher wird

$$V = k = 2\sigma, \text{ und } \sigma = \frac{k}{2}.$$

b) Wenn sich daher der Körper in der Zeit t von A um AB entfernet hat, so wird, weil $T = V\,S$ (87.)

$$S : \frac{k}{2} = t^2 : 1^2, \text{ also}$$

$$S = \frac{k\,t^2}{2} = \sigma\,t^2 = Am$$

c) Da AB als unendlich kleiner Bogen für eine gerade Linie angenommen werden kann, so wird

$$Am : AB = AB : AF$$
$$\sigma\,t^2 : AB = AB : AF, \text{ also}$$
$$AB^2 = \sigma\,t^2 . AF = 2r\sigma t^2$$
$$AB = t.\sqrt{2r\sigma}$$

d) Wenn AB der in 1″ gemachte Raum ist, so wird $AB = \sqrt{2r\sigma}$. Daher, wenn T = Umlaufszeit,

$$AB : 2r\pi = 1 : T$$
$$\sqrt{2r\sigma} : 2r\pi = 1 : T$$
$$T = \frac{2r\pi}{\sqrt{2r\sigma}} = \pi\sqrt{\frac{2r}{\sigma}}$$

e) Da die Kreisbewegung eine gleichförmige ist, so wird (82) $C = \frac{S}{T}$, also in 1″ $C = \sqrt{2r\sigma}$

Da in der gleichförmig beschleunigten Bewegung (87. Zus.) $C = 2\sqrt{S\sigma}$, hier aber $C = \sqrt{2\sigma r}$, so wird

$$\sqrt{2\sigma r} = 2\sqrt{S\sigma}$$
$$\sqrt{2r} = 2\sqrt{S}$$
$$\sqrt{S} = \frac{\sqrt{2r}}{2}$$

$S = \frac{2r}{4} = \frac{1}{2}r$. Der Körper müßte also durch den halben Radius des beschriebenen Kreises fallen, um die Geschwindigkeit zu erlangen, mit welcher er sich wirklich bewegt.

143. Aus der Natur des Kreises, als einer überall vom Mittelpunkte gleichweit entfernten Linie folgt für sich, daß die Tangentialkraft der Centripetalkraft in jedem Punkte gleich seyn müsse. Daher gelten auch für sie alle für die Centripetalkraft entworfenen Formeln.

Zusatz 1. Daraus folgt, daß die Tangentialkraft am Aequator = 7,496 pariser Linien beträgt, also sich zur Schwerkraft (Centripetalkraft) verhält = 2162,56 : 7,496 = 289 : 1 (111. Zus. 116. 142.)

Zusatz 2. Hieraus und aus 141. ergiebt sich die Erklärung der Erscheinungen an der Centralmaschine, des Kreisels u. dgl., der Entstehung des Schwindels bey dem Tanzen, starken Wiegen u. s. w. — Rollet's Versuche mit Kaninchen und Katzen.

3. Gröſſe der Wirkung eines bewegten Körpers.

144. Wirkt ein bewegter Körper auf einen andern, so muß die Gröſſe dieser Wirkung offenbar im Verhältniß der Masse und der Kraft, mit welcher er bewegt wird, stehen. Daher wird, wenn wir sie (die Gröſſe der Bewegung) mit Q, q bezeichnen, immer

$$Q : q = VM : vm, \text{ oder weil } V = C$$
$$= CM : cm, \text{ oder}$$
$$= \frac{MS}{T} : \frac{ms}{t}$$

Zusatz. a) Daher wird (87. Zus. 1.) in der gleichförmig beschleunigten Bewegung, sowohl im senkrechten als schiefen Falle, mit der nothwendigen Rücksicht auf σ

$$Q : q = 2\sigma TM : 2\sigma tm, \text{ oder}$$
$$= 2M\sqrt{S\sigma} : 2m\sqrt{S\sigma}$$

b) In der gleichförmig verzögerten Bewegung (90.) wenn $\varkappa$ und χ die anfänglichen Geschwindigkeiten ausdrücken,

$$Q : q = (\varkappa - 2\sigma T)\, M : (\chi - 2\sigma t)\, m$$

c) In der Kreisbewegung (142. e.)

$$Q : q = M\sqrt{2\sigma r} : m\sqrt{2\sigma\rho}.$$

4. Hinderniſſe der Bewegung

145. heiſſen alle Urſachen, welche machen, daß das Geſetz der Trägheit (77.) an einem bewegten Körper nicht erfüllt wird.

So ein Hinderniß iſt aber dem bewegten Körper entweder a) durchdringbar, oder nicht, und im zweyten Falle entweder b) aus ſeinem Orte verſchiebbar, oder c) unbeweglich. Hieraus ergeben ſich die Phänomene

a) des Wiederſtandes der Medien,

b) des Stoſſes,

c) der Zurückprellung (bey elaſtiſchen Körpern.)

a. Widerſtand der Medien.

146. Wenn ſich ein Körper ſo bewegt, daß er ſich durch einen andern den Weg eröffnen muß, ſo heißt

dieser das Mittelding (Medium). Es ist klar, daß alle Bewegungen dem Widerstande dieser Medien ausgesetzt sind, weil wir in der Natur kein Vacuum kennen. Wir konnten aber bey der Aufstellung der allgemeinen Theorien keine Rücksicht darauf nehmen. Daher sieht man wohl ein, daß dieselben in der Erfahrung nie vollkommen eintreffen können, zugleich aber auch, daß die Lehre von diesem Widerstande für die Naturkunde von äusserster Wichtigkeit ist. Demohngeachtet muß man gestehen, daß man die Gesetze noch bey weitem nicht vollständig kennt. Um aber auch das, was über diesen Gegenstand geleistet worden ist, ganz verstehen zu können, wird viele höhere Mathematik erfordert. Daher kann hier nur eine beyläufige Behandlung desselben gegeben werden.

147. Da jedes Medium der Bewegung Widerstand thut, so ist's offenbar, daß in jedem Zeittheilchen der Bewegung ein Theil der Geschwindigkeit aufgehoben werden, der aufgehobene Theil unter verschiedenen Umständen verschieden seyn muß.

148. Um die Grösse dieses Widerstandes beurtheilen zu können, muß vorzüglich auf folgende Beziehungen Rücksicht genommen werden:

a) Dichtigkeit des Mediums,

b) Masse des bewegten Körpers. — Nollets Versuche darüber mit abgeschossenen Kugeln.

c) Geschwindigkeit der Bewegung. — In tropfbar Flüssigen steht der Widerstand im Quadratverhältnisse derselben. Weniger kennt man das Verhältniß in der Luft.

d) Schiefe des Einfalls.

149. Geht ein Körper von einem Medium in ein anderes mehr oder weniger dichtes über, so ist, wenn er senkrecht einfällt, keine Ablenkung von seiner Richtung möglich, weil der Widerstand, den er leidet, von allen Seiten gleich groß ist, also immer durch die entgegengesetzte Wirkung aufgehoben wird. Geht hingegen der Körper in einer schiefen Richtung AC (Fig. 44.) aus dem Medium MPN in der Fläche MN in das Medium MpN über, so geht er wegen dem grössern oder kleinern Widerstande des neuen Mediums nicht in der fortgesetzten Richtung CB durch dasselbe, sondern nimmt die Richtung CD oder Cδ. Seine Richtungslinie ACD, ACδ wird also eine gebrochene, weßwegen auch das Phänomen den Namen der Brechung erhalten hat.

150. Man nennt in diesem Falle die auf den Einfallspunkt C senkrechte Linie Pp das Einfallsloth, PCA den Einfallswinkel, DCp, oder δCp den Brechungswinkel. Sowohl die Natur der Sache, als directe Erfahrung haben gezeigt, daß a) bey dem Uebergange von einem lokeren in ein dichteres Medium eine Brechung von dem Einfallslothe, bey dem Uebergange von einem dichteren in ein lokeres eine Brechung zu dem Einfallslothe eintreten müsse, b) daß das Verhältniß des Sinus des Einfallswinkels zu dem Sinus des Brechungswinkels bey den nämlichen zwey Medien ein constantes sey.

b) Stoß.

151. Wenn das Hinderniß dem bewegten Körper zwar nicht durchdringbar, aber doch verschiebbar ist, so giebt die gegenseitige Einwirkung das Phänomen des Stoßes. Wir sagen, ein Körper stosse auf den

andern; wenn er in seiner Bewegung gegen ihn anfängt, ihn zu berühren.

152. Der Stoß kann entweder ein gerader, oder schiefer seyn, je nachdem (Fig. 45.) die stossenden Körper A und B in einer Richtung, welche auf die Berührungsfläche p P senkrecht, wie NR, oder schief wie Er, CA ist, einander zu berühren anfangen.

Gehen überdieß die Richtungen durch die Mittelpunkte A und B, so heißt der Stoß ein centraler, sonst ein excentrischer.

Zusatz. Hier ist die Rede nur von dem centralen Stosse.

153. Die Körper, welche sich stossen, können selbst entweder

a) elastisch, oder unelastisch seyn.

Der gestossene Körper kann sich

b) bewegen, oder ruhen.

Die Bewegungen der Körper können

c) gleiche, oder entgegengesetzte Richtungen haben,

und endlich können

d) die Massen gleich oder ungleich seyn.

Es ist klar, daß sich, je nachdem verschiedene von diesen Voraussetzungen eintreten, auch die Resultate des Stosses verschieden seyn müssen.

a. Stoß unelastischer Körper.

154. Stossen unelastische und absolut harte Körper A und B auf einander, welche beyde in der nämlichen Richtung sich bewegen, so, daß A dem B mit einer grössern Geschwindigkeit nachfolgt, so müssen

a) ihre Richtungen auch nach dem Stoſſe die nämlichen seyn; denn da die Richtungen nicht unter Winkel wirken, so kann daraus keine Ablenkung (als mittlere Richtung) hervorgehen.

b) Die Geschwindigkeit von A und B muß aber nach dem Stoſſe gleich seyn; denn so lange die Geschwindigkeit des gestoſſenen Körpers kleiner als die des stoſſenden ist, dauert der Stoß fort, und hört auf, sobald sie gleich geworden sind.

c) Dabey bleiben aber die Summen der Gröſſen der Bewegung (144.) vor und nach dem Stoſſe gleich; denn da ihre Geschwindigkeiten nach dem Stoſſe gleich sind, und bey dem Stoſſe nichts verloren worden ist, so muß B eben so viel an Gröſſe der Bewegung gewonnen, als A verloren haben. Vor dem Stoſſe war aber die Summe der Gröſſen der Bewegung $= CM + cm$, nach dem Stoſſe aber, wenn die gemeinschaftliche Geschwindigkeit x heißt, $= Mx + mx$, also

$$MC + mc = Mx + mx, \text{ und}$$

$$x = \frac{MC + mc}{M + m}$$

155. Der Verlust y aber, welchen der Körper A an Geschwindigkeit leidet, wird

$$y = C - x = C - \frac{MC + mc}{M + m}$$

$$= \frac{mC - mc}{M + m} = m \cdot \frac{C - c}{M + m}.$$

156. Der Gewinn z an Geschwindigkeit des Körpers B aber ist

$$z = x - c = \frac{MC + mc}{M + m} - c$$

$$= \frac{MC - Mc}{M + m} = M \cdot \frac{C - c}{M + m}$$

Zusatz. Sind die Massen gleich, so wird

$$x = \frac{C + c}{2}$$

$$y = \frac{C - c}{2}, \text{ und}$$

$$z = \frac{C - c}{2} = y$$

157. Ruht der Körper B vor dem Stosse, so ist $c = o$, folglich bey ungleichen Massen

$$x = \frac{M\,C}{M + m}$$

$$y = \frac{m\,C}{M + m}$$

$$z = \frac{M\,C}{M + m}$$

Zusatz 1. Ist $c = o$, und $M = m$, so wird

$$x = \frac{C}{2}$$

$$y = \frac{C}{2}$$

$$z = \frac{C}{2} = y = x$$

Zusatz 2. Ist der ruhende Körper B im Verhältniß von $A = \infty$, so wird

$$x = \frac{MC}{\infty} = o$$

$$y = C$$

$$z = o$$

Zu-

Zusatz 3. Ist hingegen $M = \infty$, so wird

$$x = C$$
$$y = o$$
$$z = C$$

158. Begegnen sich die stossenden Körper in entgegengesetzten Richtungen aber a) mit gleichen Grössen der Bewegung, so ist die des stossenden $= MC$, die des gestossenen $= -mc$, folglich

weil $MC = -mc$, wird

$$x = \frac{MC + (-mc)}{M + m} = \sigma$$

159. Sind aber b) die Grössen der Bewegung vor dem Stosse ungleich, dann haben sie nach dem Stosse gleiche Richtung, und bewegen sich mit der Differenz der Grössen der Bewegung, welche sie vor dem Stosse hatten; denn es bewege sich A gegen R, B gegen N, so daß $MC > mc$, und $MC - mc = d$, so ist

$MC = mc + d$. Daher begegnen sich die Körper mit den Grössen der Bewegung mc, und $mc + d$, Da $mc = -mc$ ist, so wird die Bewegungsgrösse von B ganz, die von A aber so aufgehoben, daß nur mehr d übrig bleibt. Es ist also eben so viel, als wenn B vor dem Stosse geruht, und A sich mit d allein bewegt hätte, wo B die Richtung von A annehmen, A aber seine Richtung beybehalten muß (154. a). Hieraus folgt, daß die Summen der Grösse der Bewegung nach dem Stosse = der Differenz derselben vor dem Stosse.

160. Die gemeinschaftliche Geschwindigkeit wird daher

$$x = \frac{d}{M + m} = \frac{MC - mc}{M + m}$$

$$y = C - x = C - \frac{MC - mc}{M + m}$$

$$= m \cdot \frac{C + c}{M + m}$$

$$z = x - c = \frac{MC - mc}{M + m} - c$$

$$= M \cdot \frac{C + c}{M + m}$$

Zusatz 1. Ist $M = m$, so wird

$$x = \frac{C - c}{2}$$

$$y = \frac{C + c}{2}$$

$$z = \frac{C + c}{2} = y$$

Zusatz 2. Ist $m = \infty$, so wird B wegen seiner grössern Bewegungsgrösse der Stossende, folglich

$$x = \frac{mc - CM}{M + m} = c$$

$$y = c - c = o,$$

$$z = c + C$$

Zusatz 3. Ist hingegen $M = \infty$, so wird

$$x = C$$

$$y = o$$

$$z = C + c$$

β. Stoß elastischer Körper.

161. Sind die in gleichen Richtungen aufeinander stossenden Körper vollkommen elastisch, so müssen wir 2 Perioden unterscheiden; Eine, in welcher der Stoß und die Zusammendrückung geschieht, und die zweyte, in welcher sich die zusammengedrück-

ten Körper wieder in die vorige Figur herstellen. Nach der ersten Periode kann nur die Wirkung dem Stosse selbst angemessen seyn. In dem Augenblicke der größten Zusammendrückung ist also in elastischen und unelastischen Körpern alles gleich, es würde also auch hier, wenn keine weitere Periode erfolgte (wie oben 154. 155. 156.),

$$x = \frac{CM + cm}{M + m}$$

$$y = m \cdot \frac{C - c}{M + m}$$

$$z = M \cdot \frac{C - c}{M + m}$$

162. Am Ende der ersten Periode stellen sich aber die zusammengedrückten Körper wieder her. B dehnt sich aus in der Richtung von B nach N, also gegen die Richtung des A, wodurch A einen neuen Verlust leiden muß. A hingegen dehnt sich in der Richtung AR, also in der Richtung des B aus, also muß B neuerdings gewinnen. Es ist aber in vollkommen elastischen Körpern die ausdehnende Kraft der zusammendrückenden gleich, daher muß bey der Wiederherstellung y und z eben so groß seyn, wie bey der Zusammendrückung, folglich

$$y = 2m \cdot \frac{C - c}{M + m}$$

$$z = 2M \cdot \frac{C - c}{M + m} \text{ werden.}$$

163. Die ganze Geschwindigkeit G des stossenden Körpers A wird daher nach dem Stosse

$$G = C - y = C - \frac{2mC - 2mc}{M + m}$$

$$= \frac{CM + 2mc - mC}{M + m}$$

Die Geschwindigkeit g des gestossenen B aber

$$g = c + z = c + \frac{2MC - 2Mc}{M + m}$$

$$= \frac{2MC + mc - Mc}{M + m}$$

Zusatz. Sind die Massen gleich, so wird

$G = c$

$g = C$, das ist, die Geschwindigkeiten werden gewechselt.

164. Ruhte der gestossene Körper B vor dem Stosse, so ist $c = o$, also

$$G = C : \frac{M - m}{M + m}$$

$$g = \frac{2MC}{M + m}$$

Zusatz 1. Ist bey $c = o$, auch $M = m$, so wird

$G = o$

$g = C$

Zusatz 2. Bey $c = o$, und $m = \infty$ wird

$G = -C$,

$g = o$, das ist, A springt mit der nämlichen Geschwindigkeit zurück.

Zusatz 3. Hieraus die Erklärung der Erscheinungen an der Stoßmaschine — Anwendung auf das Billiard u. s. w.

165. Sind die Richtungen der Körper einander entgegengesetzt, so wird, wenn C positiv angenommen wird, c negativ. Daher wird

$$G = \frac{CM + 2m.(-c) - mC}{M + m}$$

$$= \frac{CM - 2cm - mC}{M + m} = \frac{C(M-m) - 2mc}{M + m}$$

$$g = \frac{2MC - M.(-c) + m.(-c)}{M + m}$$

$$= \frac{2MC + cM - cm}{M + m} = \frac{c(M-m) + 2MC}{M + m}$$

Zusatz 1. Ist $M = m$, so wird

$$G = -c$$

$$g = C$$

Zusatz 2. Ist nicht nur $M = m$, sondern auch $C = c$, so wird

$$G = -C$$

$$g = C$$

166. Ist der Körper A vollkommen elastisch, B aber vollkommen unelastisch, so gewinnt bey gleichen Richtungen B durch die Elastizität von A in den 2 Perioden $z = 2M.\frac{C-c}{M+m}$ (162). A hingegen verliert, weil wegen der Unelastizität von B für denselben keine zweyte Periode eintreten kann,

$y = m.\frac{C-c}{M+m}$ (155.) Daher ist

$$G = C - y = C - \frac{m.C-c}{M+m}$$

$$= \frac{CM + cm}{M + m}$$

$$g = c + z = c + 2M..\frac{C-c}{M+m} = \frac{cM + cm + 2MC - 2Mc}{M + m}$$

$$= \frac{2MC + mc - Mc}{M + m}$$

Zusatz 1. Ist M = m, so wird

$$G = \frac{C + c}{2}$$

$$g = C$$

Zusatz 2. Ist c = o, so wird

$$G = \frac{CM}{M + m}$$ bey gleichen Massen $= \frac{C}{2}$

$$g = \frac{2MC}{M+m}$$ - - - - - - $= C$

167. Bey entgegengesetzten Richtungen wird c negativ, daher

$$G = \frac{CM - cm}{M + m}$$

$$g = \frac{2MC + Mc - mc}{M + m}$$

Zusatz. Ist M = m, so wird

$$G = \frac{C - c}{2}$$

$$g = C.$$

168. Wenn sich die Körper im schiefen Stosse begegnen, so kann einer auf den andern nur wirken, in so weit seine Richtung senkrecht auf die Berührungsfläche ist. Um daher zu untersuchen, was die Folge dieses Stosses ist, muß immer die Geschwindigkeit des einen (des Stossenden) als mittlere angesehen, und daher (53. 132.) in seine entsprechenden Seitengeschwindigkeiten aufgelöst werden. Es stosse A in der Richtung und mit der Geschwindigkeit CA auf den Körper B, so löst sich diese Geschwindigkeit in die auf die Berührungsfläche pP senkrechte NA, und in die mit pP parallele CN auf, und nur mit NA kömmt A zum Stosse. Ist daher aus CA

und dem Winkel NCH (nach 52.) NA = C gefunden, so treten alle Gesetze des geraden Stosses ein. Da aber die Parallele CN gar nicht zum Stosse gekommen, also unverändert geblieben ist, so wirkt sie auch nach dem Stosse fort, und sollicitirt den Körper A aufwärts; während er durch NA in der Richtung AR fortgeht. Daher seine Richtung wieder aus diesen beyden zusammengesetzt seyn, und er also nach AD, oder AF gehen muß.

169. Sind daher die im schiefen Stosse sich begegnenden Körper unelastisch, so ist durch AN = C nach dem Stosse (154.) für A und B

$$x = \frac{MC + mc}{M + m}$$

B geht daher mit der Geschwindigkeit x und in der Richtung BR fort, A hingegen, welchem die Geschwindigkeit AL = CN geblieben ist, beschreibt der Geschwindigkeit und Richtung nach die Diagonale des Parallelogrammes, welches auf x und AL unter dem Winkel LAR construirt werden kann.

Zusatz 1. Ruht B vor dem Stosse, und ist M = m, so wird durch AN = C (157. Zus. 1.)

$$x = \frac{C}{2} = \frac{AN}{2} \text{ oder, wenn } Am = \frac{AN}{2}$$

$$x = Am.$$

A beschreibt also die Diagonale AD, und B geht mit x = Am = Bf fort.

Zusatz 2. Ist m = ∞, und c = o, so wird (157. Zus. 2.)

$$x = \frac{MC}{\infty} = o, \text{ also ruht nach dem Stosse}$$

B, A hingegen springt mit AL in die Höhe.

170. Sind A und B elastisch, so wird durch AN = C nach dem Stosse (163.)

$$G = \frac{CM + 2mc - mC}{M + m}$$

; die Geschwindigkeit und Richtung von A ist daher nach dem Stosse zusammengesetzt aus G und AL unter dem Winkel LAB.

Der gestossene Körper B hingegen bewegt sich mit

$$g = \frac{2MC + mc - Mc}{M + m}$$

in der Richtung BR fort.

Zusatz 1. Ist $M = m$, und $c = o$, so wird (164. Zus. 1.)

$$G = o$$

$g = C$, daher springt A mit AL aufwärts, und B geht mit C fort.

Zusatz 2. Ist $m = \infty$, und $c = o$, so wird (164. Zus. 2.)

$$G = -C$$

$g = o$. A geht also in der Diagonale von C und AL zurück, B aber bleibt auch nach dem Stosse ruhend.

c) Reflexion.

171. Diese letzte Annahme giebt das Phänomen der Zurückprellung (Reflexion.). Fällt nämlich ein elastischer Körper E in der schiefen Richtung Er auf die im Verhältniß zu ihm unendlich grosse Fläche NR, so bleibt bey dem Stosse EL unverändert, EN aber $= C$ ändert sich in $-C$. Daher springt der Körper durch $-C$ in AL zurück, wird aber von $EL = LF$ in der Richtung EF fortgetrieben, beschreibt also die Diagonale AF.

Zusatz. Der Winkel E A L heißt der Einfalls-, L A F aber der Reflexions-Winkel.

172. Man sieht leicht, daß diese beyden Winkel immer gleich seyn müssen; denn da

L A = L A, EL = LF, und der Winkel ELA = ALF = 90° ist, so muß auch EAL = LAF seyn.

Zusatz. Erklärung und Nachweisung der Phänomene an der Reflexionsmaschine. *)

d. Reibung.

173. Ein wichtiges und unvermeidliches Hinderniß der Bewegung (besonders bey Maschinen) entsteht durch das Ineinandergreifen der Erhöhenheiten und Vertiefungen zweyer auch noch so genau polirter Oberflächen von Körpern, welche sich über einander bewegen sollen, und wird Reibung (Friction) genannt.

Es hat bis jetzt nicht gelungen, ein allgemeines Gesetz für dieß Hinderniß aufzufinden, und die Resultate aus den Versuchen geben immer nur ein Beyläufiges.

---

*) In der Theorie des Stosses wurden immer vollkommen elastische und vollkommen unelastische Körper und bey den letztern noch überdieß absolut harte Körper vorausgesetzt. Da aber weder die einen noch die andern gefunden werden können, so kann auch die Theorie nie vollkommen in der Erfahrung nachgewiesen werden. Auch müssen absolut weiche Körper wegen ihrer Abplattung am Berührungspunkte die Theorie des Stosses absolut harter Massen modificiren.

174. Man muß aber eine zweyfache Reibung unterscheiden. Die Körper können sich entweder so übereinander bewegen, daß verschiedene Theile des einen auf die nämlichen Theile des andern, oder so, daß verschiedene Theile des einen auch auf verschiedene Theile des andern zu stehen kommen. Im ersten Falle heißt die Reibung der ersten Art (gleitende), im zweyten Reibung der zweyten Art. Diese theilt man bey Maschinen auch in Zapfen- und Walzen-Reibung.

175. a. Um die Reibung zwischen Holzarten zu untersuchen, bediente man sich a) einer horizontalen Fläche, auf welcher ein sich reibender Körper durch ein Gewicht in Bewegung gesetzt wurde. Die Grösse des Gewichtes, die bey verschiedener Belastung des Körpers nothwendig war, diente zur Bestimmung der Grösse der Reibung. b) Pilfinger und Belidor zogen eine bewegliche schiefe Fläche vor, deren Neigungswinkel m (Fig. 27.) sie so lange vergrösserten, bis der Körper sich zu bewegen anfieng. Wenn d e das absolute Gewicht vorstellt, so ist d f = dem Drucke auf die Ebene, und p die Kraft, welche den Körper auf der Ebene erhält, also = der Reibung. Es verhält sich also die

Reibung : Drucke = p : d f
= h : l
= sin. m : sin. tot.

Die Resultate, welche aus v. Musschenbröks Versuchen hervorgehen, sind

bey einem Drucke von	war die Reibung von			
	Tannen auf Tannen	Tannen auf Buchs	Eichen auf Eichen	Eichen auf Buchs
Unz.	Unz. Drach.	Unz. Drach.	Unz. Drach.	Unz. Dr.
4	— 8	— 6	— 6	— 6
8	— 15	— 9	— 10	— 10
12	— 22	— 13	— 15	— 12
16	— 28	— 20	— 21	— 16
3℔.	8 6	6 4	11 —	5 —
5	13 4	12 0	15 —	9 —
7	20 0	14 0	20 —	15 —
10	20 0	20 4	29 —	19 —

175. b. Um die Reibung des Stahles auf Zapfenlagern von verschiedenen Metallen zu untersuchen, bediente sich van Musschenbrök eines eigends zu diesem Zwecke erdachten Instrumentes. Das Gewicht desselben war = 3 ℔, und die Einrichtung so getroffen, daß es mit Gewichten, so viel man wollte, beschwert werden konnte, um dadurch den Druck zu vermehren. Das Mittel aus den Resultaten der Versuche giebt das Verhältniß der Reibung zum Gewichte bey Zapfenlagern aus

Quajakholz = 1 : $3\frac{3}{10}$.
Stahl = 1 : $3\frac{2}{3}$
Kupfer = 1 : $4\frac{7}{8}$
Zinn = 1 : $3\frac{1}{2}$
Bley = 1 : $6\frac{2}{3}$
Messing = 1 : $6\frac{2}{3}$

Zusatz. Bey diesen Versuchen war der Druck nur 3 bis 6 ℔. Um die Versuche dem Bedürfnisse näher zu bringen, hat Coulomb die Versuche auf viel größere Gewichte ausgedehnt, und hat den Reibungscoefficienten

a) für die gleitende Reibung gefunden

bey Eichenholz	trocken	= 0,100	
auf Eichenholz	eingeschmiert	= 0,036 bei	50 ℔. Druck
		= 0,036 bei	450 .
		= 0,130 bei	3250 .
Eisen auf Eisen	trocken	= 0,076	
	eingeschmiert	= 0,097 bei	1650 ℔.
		= 0,099 bei	453 .
		= 0,160 bei	53 .
Eisen auf Kupfer	trocken	= 0,240	
	eingeschmiert	= 0,091 bei	1652 ℔.
		= 0,093 bei	452 .
		= 0,125 bei	52 .

b) für die Zapfenreibung

trocken etwa um $\frac{1}{4}$

eingeschmiert . . $\frac{1}{13}$ kleiner, als für die gleitende Reibung

c) für die Walzenreibung, die Flächen mögen trocken oder eingeschmiert seyn,

bey einer 12zolligen Walze etwa $\frac{1}{20}$

bey einer 6zolligen . . . . . $\frac{1}{10}$ von der gleitenden Reibung trockner Flächen.

176. Aus den gemachten und gesammelten Erfahrungen gehen folgende Regeln für die Reibung hervor:

Die Reibung der ersten Art widersteht ohne Vergleich mehr, als die der zweyten.

Sie wächst, wenn die reibende Oberfläche, und wenn der Druck wächst, und bey gleichen Verhältnissen mehr als die Vergrösserung der Oberfläche.

Härtere feste Körper reiben sich weniger, als weniger feste.

Ungleichartige Körper reiben sich weniger, als gleichartige, und man erhält im Durchschnitte die kleinste Reibung zwischen Messing und Stahl.

Eine weiche oder flüssige Substanz, zwischen die sich reibenden Körper gebracht, vermindert die Reibung.

Zusatz. Anwendung auf die Reibung an den Achsen und dem Boden bey dem Fuhrwesen — Rumford's Versuche über breite Räder — eiserne Wagengeleise u. s. w.

5. Anwendung auf Maschinenlehre.

177. Als Anwendung der bis jetzt vorgetragenen Lehrsätze trage ich hier die ersten Grundsätze der Maschinenlehre ein, in soweit dieselbe ohne Vorkenntnisse der Hydraulik, höhern Mathematik, u. s. w. behandelt werden kann. Um die Sache zu erleichtern, wird immer von der Reibung abgesehen, und daher nur ein allgemeiner nichterschöpfender Ueberblick gegeben.

178. Der Gegenstand der Maschinenlehre ist die Untersuchung der Gesetze, nach welchen Maschinen in Bewegung gesetzt werden können, und sich wirklich bewegen.

179. Jede wirkende Kraft muß aber selbst in Bewegung seyn, und wird, da die Maschine von dem Zustande der Ruhe in ihre wirkliche Bewegung nur allmählig übergehen kann, so lange beschleunigen, bis der Beharrungszustand eintritt. Die Geschwindigkeit der Kraft multiplicirt mit der Gröſſe der Kraft giebt das mechanische Moment, welches von dem statischen Momente wohl unterschieden werden muß.

Zusatz. Die Kräfte sind entweder a) belebte, oder b) leblose. Zu den erstern gehören die Kräfte des Menschen und der Thiere, zu den zweyten Wasser, Wind, Gewichte, Dämpfe u. s. w.

180. Unser Zweck ist, vorzüglich die im gemeinen Leben allgemein vorkommenden, und nützlichsten Maschinen, welche unter dem allgemeinen Namen der Mühlen bekannt sind, kennen zu lernen. Da aber alle diese ohne Räderwerke nicht wohl eingerichtet werden können, müssen wir auch diese zu allererst kennen lernen.

Es greife daher das Rad a (Fig. 46.) in b ein, so treibt jeder Zahn von a einen Zahn von b fort, und die Anzahl der Umläufe der beyden Räder verhalten sich also umgekehrt wie die Anzahl der Zähne. Sind die Anzahlen der Zähne ν, μ, die Umläufe n, m, so wird

$$n : m = \mu : \nu, \text{ und}$$

$$\frac{m}{n} = \frac{\mu}{\nu}$$

Zusatz 1. Greifen mehrere Räder und Getriebe, bey welchen (Fig. 47.) μ, r, ρ die Anzahl der Zähne, ν, σ, τ die Anzahl der Triebstöcke,

die Anzahl der Umläufe aber A, B, C, b, c, d sind, so ist

$$A : b = \nu : \mu$$

$$\binom{B}{b} : c = \sigma : r$$

$$\binom{C}{c} : d = \tau : \rho, \text{ also}$$

$$A : d = \nu . \sigma . \tau : \mu . r . \rho$$

$$\frac{d}{A} = \frac{\mu . r . \rho}{\nu . \sigma . \tau} = \frac{\text{Producte aus der Anzahl der Zähne.}}{\text{Product aus d. Anzahl der Triebstöcke.}}$$

Zusatz 2. Um die Rechnungen abzukürzen, giebt man den Radien der Getriebe und Räder so viele Zolle, als sie Triebstöcke und Zähne haben, daher wird

$$\frac{d}{A} = \frac{\text{Producte der Radien der Räder}}{\text{Product der Radien der Getriebe.}}$$

Zusatz 3. Gewöhnlich wird die Anzahl der Triebstöcke zuerst, und selten kleiner als 5, und so angenommen, daß sich die Anzahl der daraus sich ergebenden Zähne des Rades durch dieselbe nicht genau dividiren läßt, damit die nämlichen Triebstöcke nach und nach auf alle Zähne kommen, und eine gleiche Abreibung hervorbringen.

181. Wenn eine Kraft an der Peripherie eines Rades nach der Tangente wirkt, und die Geschwindigkeit des von der Kraft angegriffenen Punktes bekannt ist, so wird die Umlaufszeit des Rades die Zeit seyn, in welcher der angegriffene Punkt die Peripherie beschreibt. Da nun (80.)

$T = \frac{S}{C}$, so wird die Umlaufszeit

$$T = \frac{\text{Peripherie des Rades}}{\text{Geschwindigkeit des angegriffenen Punktes.}}$$

Zusatz. Ist der Durchmesser des Rades d, so wird

$T = \frac{d\pi}{C}$, und macht der angegriffene Punkt in 1 Sekunde S Fuß, so wird, weil $C = \frac{S}{T}$, und $T = 1$

$T = \frac{d\pi}{S}$, also die Anzahl der Umläufe

$N = \frac{1}{T} = \frac{S}{d\pi}$ in 1 Sekünde,

$= \frac{60S}{d\pi}$ in 1 Minute.

182. Jede Maschine läßt sich so einrichten, daß das mechanische Moment der Kraft unter den gegebenen Umständen den größten Werth hat. Heißt nämlich die Kraft P, ihre Geschwindigkeit C, die Last (Widerstand) Q, ihre Geschwindigkeit G, so wird der Beharrungszustand dann eintreten, wenn $P.C = Q.G$, und es läßt sich immer alles so veranstalten, daß dieser Beharrungszustand dann eintritt, wenn $P.C =$ Maximum ist.

183. Die Mühlen, die wir behandeln, theilen sich a) nach dem Zwecke, den sie hervorbringen müssen, in Korn-, Stampf-, Sägemühlen u. s. w. b) nach den Kräften, welche wirken, in Hand-, Pferd-, Wassermühlen u. s. w.

184. Kornmühlen sind bekanntlich diejenigen Mühlen, welche bestimmt sind, aus verschiedenen Getreidearten Mehl zu bereiten.

Es ist klar, daß hier Q = dem Widerstande ist, welchen das Getreide bey seinem Zermalmen dem Läu-

fer

fer thut. Nach Belidor's Erfahrungen ist dieses Q immer = $\frac{1}{54}$ des Gewichtes des Läufers (Mühleisen und Trilling dazu gerechnet).

Das respective Gewicht des Läufers wird von uns angenommen = 160 ℔. ungefähr.

Um gut Mehl zu machen, nimmt man an, daß der Läufer in einer Minute 50 ; 60 Umläufe machen dürfe, obwohl Büsch glaubt, er könne wohl auch 90 machen, ohne das Mehl zu verderben.

185. Handmühlen nennt man Kornmühlen, welche von Menschen durch eine Kurbel in Bewegung gesetzt werden. Es sey (Fig. 48.) MEFN eine Kurbel, deren Radius EF, um die Bewegung der Menschen nicht zu hemmen, nicht grösser seyn darf, als 1 Fuß. An der Achse derselben bewegt sich das Kammrad GK, welches in den Trilling Ll eingreift, und mit ihm den Läufer AB, welcher das Getreide zermalmet, in Bewegung setzt.

a) Die Kraft eines Menschen, welcher an einem Hebelarme (Kurbel) mit einer Geschwindigkeit von 100 ; 120 Fuß auf die Minute, also mit 2 Fuß auf die Sekunde 2 Stunden hindurch wirken soll, läßt sich nur = 25 ℔. setzen.

b) Daher ist für unsere Mühle C = 2, und wenn zwey Menschen zugleich arbeiten sollen P = 50 ℔. Soll der Läufer in 1 Minute 50mal umlaufen, so ist seine Geschwindigkeit G bekannt, wenn sein Durchmesser gegeben, oder willkührlich angenommen worden ist. Setzen wir ihn = 3 Fuß, so wird seine Umlaufszeit

$T = \frac{60}{50} = \frac{6}{5}$ Sekunden, also (181. Zuf.)

$\frac{6}{5} = \frac{d\pi}{G} = \frac{3.3,1415}{G}$, also

$G = \frac{5.3.3,1415}{6} = 7,85$

c) Da im Beharrungszustande (182.)

$P.C = Q.G$, so wird

$Q = \frac{P.C}{G} = \frac{50.2}{7,85} = 12,738$, woraus

sich alles übrige für die Einrichtung dieser Mühle berechnen läßt; denn (181. Zuf.) ist die Umlaufszeit von P an der Kurbel

$T = \frac{d\pi}{C} = \frac{2\ 3,14}{2} = 3,14$ Sekunden.

d) Es verhält sich also die Umlaufszeit des Läufers (Last) zu der Umlaufszeit der Kraft

$= \frac{6}{5} : 3,14 = 1 : 2,62$

e) Giebt man dem Trillinge 6 Triebstöcke, so ergiebt sich daraus die Anzahl der Kämme für das Rad. Da sich nämlich diese Anzahlen zu einander verhalten, umgekehrt wie die Umlaufszeiten, so wird

$1 : 2,62 = 6 : x$, und

$x = 2,62 \times 6 = 15,72 = 16$ Kämme.

f) Nach Num. 184. ist $Q = \frac{1}{54}$ des Gewichtes des Läufers, dieses Gewicht M also

$= 12,738.54 = 687,852 = 688$ ℔.

Das respective Gewicht des Läufers ist (184.) $= 160$ ℔., folglich ist der cubische Inhalt unsers Läufers $= \frac{688}{160} = 4,3$ cub. Fuß.

g) Der Läufer ist ein Cylinder, dessen cubischer Inhalt = Basis × Höhe = B . H. Es ist aber

$$B = \frac{d^2 \pi}{4} = \frac{9.3,14}{4} = 7,065 \square \text{ Fuß, also}$$

$$H = \frac{4,3}{7,065} = 0,6 = 7 \text{ Zoll (ungefähr).}$$

h) Der Effect einer Mühle hängt ab a) von dem Gewichte M, und b) von der Geschwindigkeit G des Läufers, also

$$E : e = MG : m\,g$$

G ist aber um so grösser, je grösser die Anzahl der Umläufe N, und je grösser die Halbmesser R sind, also

$$G : g = NR : nr, \text{ folglich}$$
$$E : e = M.N.R. : m.n.r$$

Nun hat Belidor gefunden, daß die Mühle zu la Fere, bey welcher des Läufers M = 4348 ℔., N = 53, und R = 3 Fuß war, in 24 Stunden 8400 ℔. abmahlen konnte, folglich wird in unserm Falle

$$M . N.R : m . n . r$$
$$8400 : e = 4348 . 53 . 3 : 688 . 50 . 1,5$$
$$= 691332 : 51600, \text{ also}$$
$$e = \frac{8400 . 51600}{691332} = 626,9 = 627 \text{ ℔.}$$

Zusatz 1. Wird das Product m.n.r = S gesetzt, so wird also immer

$$e = \frac{8400}{691332} . S, \text{ oder ungefähr}$$
$$= \frac{1}{83} . S.$$

Zusatz 2. Weil die Bewegung der arbeitenden Menschen im Auf- und Niederdrücken der Kurbel unmöglich gleichförmig seyn kann, so kömmt man ihr durch die Schwungkolben f g zu Hilfe. Man wollte auch Schwungkolben an der Achse der Kurbel anbringen; allein sie sind mehr schädlich als nützlich.

186. Pferdemühlen werden an einem Zugarme EF (Fig. 49) mit einem oder zwey Pferden bespannet. Der Zugarm ist an der stehenden Welle MN befestiget, welche zugleich das Sternrad GK trägt. Dieses Rad greift in den Trilling L l ein, und bewegt dadurch den am Mühleisen befestigten Läufer AB.

a) Durch den Zugarm (Schwenkbaum) bleibt die Kraft des Pferdes immer senkrecht auf den Hebel. Damit aber die Bewegung des im Kreise gehenden Pferdes ohne grosse Unbequemlichkeit geschehen kann, muß der Zugarm 18, 20 (nach Belidor wenigstens 12) Fuß lang seyn.

b) Die Kraft eines Pferdes rechnet man gewöhnlich = der siebenfachen Kraft eines Menschen, also (185. a) = 25.7 = 175 ℔. Die Geschwindigkeit C aber darf hier nicht grösser, als 4 Fuß auf 1″ angenommen werden.

c) Ist der Durchmesser des Läufers = 4 Fuß, und die Anzahl seiner Umläufe für 1 Minute 50, so ist die Peripherie = 12,5 Fuß, die Zeit eines Umlaufes $= \frac{6''}{5}$, die Geschwindigkeit von Q also =

$$G = 12,5 \times \frac{5}{6} = 10,4\ldots$$

Rechnen wir auf den Zugarm das Minimum = 12 Fuß, so ist seine Peripherie = 3,14.24 = 75,36 Fuß, die Umlaufszeit also = $\frac{75,36}{4}$ = 18,84".

d) Der Trilling läuft um in $\frac{6''}{5}$, also

$$\frac{6}{5} : 18,84 = 1 : x$$

$$x = 15,7 = 16$$

Es wird sich also die Anzahl der Triebstöcke verhalten zu der Anzahl der Kämme = 1 : 16. Hätte also der Trilling (wie oben) 6 Stöcke, so müßte das Rad 96 (besser 95 oder 97.) Kämme haben.

e) Gemäß den gegebenen und gefundenen Daten wird

$$Q = \frac{P.C}{G} = \frac{175.4}{10} = 70 \text{ ℔.}, \text{ das}$$

Gewicht des Läufers M also = 70.54 = 3780 ℔.
sein cubischer Inhalt also = 23,6 cub. Fuß.
seine Höhe also = 1,8 Fuß.

f) Der Effect dieser Mühle findet sich (185. h) auf 24 Stunden 8400 : e = 691332 : 3780. 50. 2

e = 4592,8 ℔.

II.

Tropfbarflüssige Form.

187. So lange im Kampfe der Contraction und Expansion, als der uns alle Materie erscheint, innerden Grenzen der Extreme die Contraction scheinbar siegt, gehen uns feste Körper hervor. Gewinnt aber der expansive Factor Freyheit von seiner Beschränkung, so geht das Feste in das Flüssige über, und zwar bey der Gleichheit der Actionen, und der daraus hervorgehenden Indifferenz in das tropfbar Flüssige.

Zusatz. Dieser erste Andrang zum Leben der unorganischen Masse stellt sich dem Experimente dar in der Verschiebbarkeit der Theile durch die kleinste Kraft, woraus denn auch die empirisch einzig mögliche Definition des tropfbar Flüssigen, als des Körpers, dessen Theile durch jede kleinste Kraft über einander sich verschieben lassen, hervorgeht.

188. Den Gesetzen der Schwere unterworfen geben daher auch die Flüssigen die beyden Phänomene a) des Gleichgewichtes, und b) der Bewegung.

A. Gleichgewicht der Flüssigen (Hydrostatik)

a. mit sich selbst.

189. Die Lehre von dem Gleichgewichte tropfbar Flüssiger heißt Hydrostatik, und da ein Flüssiges

a) mit sich selbst,

b) mit einem andern Flüssigen,

c) mit einem Festen

im Gleichgewichte seyn kann, so müssen wir es auch nach diesen Rubriken behandeln.

190. Aus der Gleichheit der Actionen, oder der Verschiebbarkeit durch die kleinste Kraft folgt für das Gleichgewicht eines Flüssigen mit sich selbst das allgemeine Grundgesetz, daß es immer, sich selbst überlassen, eine horizontale Oberfläche annehmen müsse.

191. Daraus folgt aber weiter auch noch, daß

a) ein Flüssiges nach allen Seiten gleich stark drücken müsse,

b) und zwar im Verhältniß der Höhe, weil jedes Theilchen schwer ist, und

c) jede Wassersäule unabhängig von allen sie umgebenden drücken müsse; denn wird (Fig. 50.) ein auf ik liegendes Stück Eis flüssig, so wird das Wasser gemäß der Verschiebbarkeit seiner Theile über imnk herablaufen, die Säule abmg nur auf bm, die Säule gikh auf ik, und hncd auf nφ drücken.

Zusatz. Daher der Unterschied zwischen dem Drucke der flüssigen und festen Körper. — Nachweisung durch Versuche.

b. Druck a) auf den Boden.

192. Der Druck auf den Boden eines Gefäßes, es mag ein gleichförmigconvergirendes, oder divergirendes seyn, ist daher bey der nämlichen Höhe des Wassers, und der gleichen Grösse des Bodens

immer gleich; denn es sey (Fig. 51.) die ganze Wassermasse abcd in zwey Theile abfe und efcd getheilt, so wird auf fc nur fecd drücken, und in abfe die Stelle einer Seitenwand vertreten. Denkt man sich abfe durch af in zwey Theile getheilt, so wird diese Masse das Nämliche leisten, es mag afb fest oder flüssig seyn. Nimmt man sie aber als fest an, so vertritt sie die Stelle einer Seitenwand af und bildet das divergirende Gefäß afcd, so, daß sich in Rücksicht des Druckes auf fc nichts geändert hat. Eben so würde sich in Rücksicht dieses Druckes nichts verändern, wenn der Theil ahf der Wassermasse efcd fest würde. Er würde aber dann die Seitenwand hf, und mit def ein convergirendes Gefäß bilden. Folglich ist der Druck auf fc in afcd, efcd, hfcd gleich.

Zusatz 1. Nachweisung in Versuchen.

Zusatz 2. Man muß hier den absoluten Druck (Gewicht) der Wassermasse von ihrem Drucke auf den Boden wohl unterscheiden; denn jener ist immer gleich dem ganzen Gewichte der ganzen Wassermasse, folglich bey gleichem Boden am größten in dem divergirenden Gefäße afcd.

193. Der Druck auf den Boden steht daher immer im Verhältniß der Bodenfläche, und der Höhe des Wassers; denn da er in allen drey Arten der Gefässe gleich ist, so kann er nur von den Grössen abhängen, welche in allen gleich sind, d. i. Höhe des Wassers und Fläche des Bodens.

Zusatz 1. Wären daher B und b die Flächen des Bodens, A und a die Höhen des Wassers, so wäre

$$P : p = B.A : b.a$$

Zusatz 2. Um die Grösse des Druckes selbst zu finden, hat man daher nur das entsprechende Product B. A mit dem respectiven Gewichte des Flüssigen, dessen Druck gesucht wird, und das uns R seyn mag, zu multipliciren.

Daraus wird

$$P = B.A.R$$

$$A = \frac{P}{B.R}$$

$$B = \frac{P}{A.R}$$

$$R = \frac{P}{B.A}$$

Zusatz 3. Ist dc (Fig. 62.) der Boden eines unter dem Winkel bce zu dem Horizonte geneigten und mit Wasser gefüllten Gefässes abcd, so ist das Gewicht der ganzen Wassermasse = cd. bc. r eine Last, welcher der Boden in einer zu bc parallelen Richtung das Gleichgewicht hält. Es ist aber (68.) in diesem Falle

$$p : q = \sin. m : \sin. tot.$$

$$p : cd. bc. r = be : bc, \text{ und}$$

$$p = cd. be. r.$$

β. Druck auf die Seitenfläche.

194. Den Druck des Wassers auf eine Seitenfläche findet man auf folgende Art:

Es sey (Fig. 52.) in dem senkrechten Gefässe rapq die Wasserhöhe ft, und die Fläche, auf welche der Seitendruck geschieht, dapm. Theilt man da in beliebig viele gleiche Theile dg, gh, ha, und zieht durch die Theilungspunkte die mit dm und ap

parallelen Linien go, hb u. s. w. so entstehen lauter gleiche Rechtecke do, gb, hp, von welchen jedes, wenn die Anzahl der Theile n ist, $= \frac{da}{n} . ap$ wird, welchen Ausdruck wir mit α bezeichnen.

Wäre do horizontal in der Linie go, so wäre der Druck darauf (193.) $= do . fg = \alpha . fg$. In der nämlichen Voraussetzung auf $gb = gb . fh = \alpha . fh$ u. s. w.

Da aber die Fläche senkrecht steht, so kann die Höhe fg, fh u. s. w. nur an ihrem untersten Punkte gelten, für alle übrigen Punkte zwischen d und g, g und h u. s. w. ist sie zu groß.

Daher ist auch der Druck auf ganz $do < \alpha . fg$

$gb < \alpha . fh$

$hp < \alpha . fa$

u. s. w.

Also auch der ganze Druck auf ganz

$$dp < \alpha . fg + \alpha\ fh + \alpha . fa$$
$$< \alpha\ (fg + fh + fa)$$

Da fg, fh u. s. w. eine arithmetische Progression bilden, so wird der Druck auf

$$dp < \alpha\ (fg + fa)\ \frac{n}{2}$$

Es ist aber $fg = fd + dg$, also der Druck auf

$$dp < \alpha\ (fd + dg + fa)\ \frac{n}{2}$$

fa ist aber $= fd + da$, also der Druck auf:

$$dp < \alpha \left(fd + dg + fd + da \right)^{\frac{n}{2}}$$

$$< \alpha \left(2fd + da + dg \right)^{\frac{n}{2}}$$

$$< \alpha . n \left(fd + \frac{da}{2} + \frac{dg}{2} \right)$$

Denkt man sich diese Rechtecke horizontal in dm, go u. s. w., so werden die Höhen fd, fg u. s. w. nur in den obersten Punkten entsprechen, für alle übrigen aber zu klein seyn. Daher wird der Druck auf do $> \alpha . fd$

auf gb $> \alpha . fg$

auf hp $> \alpha . fh$,

also auch der Druck auf ganz

$$dp > \alpha . fd + \alpha . fg + \alpha . fh$$

$$> \alpha (fd + fg + fh)$$

$$> \alpha \left(fd + fh \right)^{\frac{n}{2}}$$

Es ist aber $fh = fa - ha$, also der Druck auf

$$dp > \alpha \left(fd + fa - ha \right)^{\frac{n}{2}}$$

Es ist überdieß $fa = fd + da$, also der Druck auf

$$dp > \alpha \left(fd + fd + da - ha \right)^{\frac{n}{2}}$$

$$> \alpha \left(2fd + da - ha \right)^{\frac{n}{2}}$$

$$> \alpha . n \left(fd + \frac{da}{2} - \frac{ha}{2} \right)$$

$$> \alpha . n \left(fd + \frac{da}{2} - \frac{dg}{2} \right)$$

Der Unterschied des zu grossen, und zu kleinen Druckes liegt also in $\pm \frac{dg}{2}$. Je kleiner also dg wird, desto näher rücken die $\pm$ zur Wahrheit zusammen, und ihre Differenz wird $= o$, wenn in unendlich viele und eben deßwegen unendlich kleine Theile getheilt wird, wo $dg = \frac{da}{\infty}$ wird. Dann wird aber

$n = \infty$, $\frac{dg}{2} = \frac{da}{2\infty}$, und daher $\alpha = \frac{da}{\infty} . ap$;

folglich die beyden obigen Formeln

$$\frac{da}{\infty} . ap . \infty \left(fd + \frac{da}{2} + \frac{da}{2\infty} \right) = da . ap \left(fd + \frac{da}{2} \right)$$

$$\frac{da}{\infty} . ap . \infty \left(fd + \frac{da}{2} - \frac{da}{2\infty} \right) = da . ap \left(fd + \frac{da}{2} \right)$$

Also hier im Verschwinden des zu grossen und zu kleinen Druckes der wahre Druck auf die Seitenfläche, welcher sich daher verhält wie das Product aus der Seitenfläche in die Wasserhöhe ober dem Mittelpunkte derselben.

Zusatz 1. Die Grösse des Druckes auf die Seitenfläche also

$$P = da . ap \left(fd + \frac{da}{2} \right) R$$

Zusatz 2. Wäre $da = fa$, so würde $fd = o$; und

$$\frac{da}{2} = \frac{fa}{2}, \text{ folglich der Druck}$$

$$P = fa . ap . \frac{fa}{2} . R$$

$$= \frac{ap . af^2 . R}{2}$$

Zusatz 3. Stünde das Wasser nur bis dm, so wäre auch hier da = fa, also der Druck

$$P = \frac{ap.\,da^2.\,R}{2}$$

Zusatz 4. Daher auch

$$P : P = \frac{ap.\,af^2.\,R}{2} : \frac{ap.\,ad^2.\,R}{2}$$

$$= af^2 : ad^2$$

195. Gefässe, welche entweder unmittelbar, wie (Fig. 53.) hgae und eact, oder mittelbar durch eine Röhre, wie (Fig. 54.) cm und ga so in Verbindung stehen, daß das Flüssige aus dem einen in das andere ungehindert übertreten kann, heissen communicirende.

Auch bey ihnen, sie mögen wie immer verschieden seyn, muß im Stande des Gleichgewichtes das nämliche Flüssige gleich hoch stehen; denn

1) steht es gleich hoch, so ist Gleichgewicht; denn in diesem Falle ist der Druck des Wassers in ec auf da (194.), wenn die Oeffnungsfläche b heißt,

$$= b\left(fd + \frac{da}{2}\right) R,$$ der Druck des Wassers

in ha aber eben so groß, folglich Ruhe.

2) Wären die Wasserhöhen nicht gleich, sondern in ec = ea, in ha aber = fa, so würde der Druck auf $ec = b\left(ed + \frac{da}{2}\right) R$. Da nun $ed > fd$, so wird auch $b\left(ed + \frac{da}{2}\right) R > b\left(fd + \frac{da}{2}\right) R$, folglich keine Ruhe seyn.

Zusatz 1. Sind die Gefässe nur mittelbar, wie (Fig. 54.) durch die Röhre dnih communicirend, so ist die gedrückte Seitenfläche die Durchschnittsfläche der Communicationsröhre da, folglich auch hier der nämliche Fall, wie bey unmittelbar communicirenden Gefäßen.

Zusatz 2. Wolf's anatomischer Heber, s'Gravesande's follis hydrostaticus u. s. w.

Zusatz 3. Wirkung der unterirrdischen Communication mit Flüssen u. s. w.

c) Gleichgewicht verschiedener Flüssigen untereinander.

196. Verschiedene Flüssige, welche sich mit einander nicht mischen, und verschiedenes respectives Gewicht haben, lagern sich nothwendig so auf einander, daß das respectiv Schwerere immer den tiefern Platz einnimmt.

Sind sie aber in communicirenden Röhren bey ihren respectiven Gewichten R und r mit einander im Gleichgewichte, so verhalten sich ihre Höhen umgekehrt, wie ihre respectiven Gewichte; denn wenn (Fig. 54.) in einem Schenkel ga Queckſilber, in dem andern cm aber Wasser stünde, so würde die Communicationsröhre allererst mit Queckſilber gefüllt, und dieß mit sich selbst im Gleichgewichte seyn. Daher die wahre Höhe des Queckſilbers = de, des Wassers = fh, der Druck aber, den das Queckſilber auf das horizontale da ausübt = da.ed.R. Das Wasser drückt auf da eben so stark, als das Queckſilber, sein Druck aber ist = da.fh.r, also

da . ed . R = da . fh . r
ed . R = fh . r, und
ed : fh = r : R.

Zusatz 1. Die respectiven Gewichte stehen (44. b.) im Verhältniße der Dichtigkeiten, also auch

ed : fh = d : D

Zusatz 2. Versuche mit verschiedenen Flüssigkeiten weisen diese Behauptung nach.

d. Gleichgewicht eines Flüssigen mit einem Festen.

197. Wenn sich ein fester Körper in einem flüssigen befindet, so wird er in demselben mit einer Kraft, welche = dem Gewichte des aus der Stelle getriebenen Wassers, aufwärts gedrückt; denn ist (Fig. 55.) der eingesenkte Körper mnop, so ist der Druck des Wassers auf denselben von oben (192.) = mp . qm. R = dem Gewichte der Wassersäule qmpr, welche auf demselben steht. Der Druck aber, welchen er in no aufwärts leidet (191.) = no . nq . R = dem Gewichte einer Wassersäule qnor > Gewicht der von qmpr um mnop, u. s. w.

Zusatz. Das Nämliche gilt von einem irregulären pgao.

198. Es verliert also der Körper in dem Flüssigen so viel, als das Wasser unter seinem Raumsinhalte wiegt.

Zusatz 1. Also kann nur ein Körper, welcher ein grösseres respectives Gewicht hat, als das Flüssige, in demselben sinken. — Ein specifisch-leichterer wird sich nicht ganz eintauchen (wird schwimmen), ein

gleich schwerer aber an jeder Stelle des Flüssigen ruhen (schweben).

Zusatz 2. Legt man aber einem schwimmenden Körper so viel Gewicht zu, daß er sich ganz eintaucht, so ist dieß + dem Gewichte des Körpers = dem Gewichte des Flüssigen unter dem nämlichen Raumsinhalte.

199. Ein schwimmender Körper dnog (Fig. 56.) taucht sich nur so tief ein, daß das Gewicht des vertriebenen Wassers = dem des ganzen Körpers ist; denn der bis mp eingetauchte Körper hält dem Drucke der Wassersäule noht das Gleichgewicht. Wasser im Raume mpno würde eben so viel leisten. Also ist der Druck des Körpers dgno eben so groß, als der Druck des Wassers mnop, welches er aus der Stelle vertreibt, also taucht sich u. s. w.

Zusatz 1. Taucht sich daher der nämliche Körper in verschiedenen Flüssigen verschieden tief ein, so müssen diese verschiedene respective Gewichte haben.

Zusatz 2. Wäre das Gewicht eines schwimmenden Körpers = p, der Raum, zu welchem er sich eintaucht = u, das respective Gewicht des Flüssigen = r, so ist

$$p = ur, \text{ also}$$

$$u = \frac{p}{r}, \text{ und}$$

$$r = \frac{p}{u}$$

200. Je grösser das Volumen eines Körpers bey dem nämlichen absoluten Gewicht ist, desto mehr wird er von dem Flüssigen in die Höhe gedrückt. Daher

her können auch Körper, welche für sich in dem Flüssigen untergehen, durch Veränderung ihrer Figur zum Schwimmen gebracht werden, z. B. Metalle, wenn man sie in eine hohle Kugel umarbeiten läßt. Wäre nemlich p das Gewicht des Körpers, x der Raumsinhalt der Kugel, und r das respective Gewicht des Flüssigen, so wird die Kugel schweben, wenn (198. Z. 1.) $p = xr$, und folglich $x = \frac{p}{r}$ ist.

Sie wird aber schwimmen, wenn $x > \frac{p}{r}$ wird.

201. Aber auch ohne Ausarbeitung in eine hohle Figur kann ein Körper zum Schwimmen gebracht werden, wenn man mit demselben eine entsprechende Masse eines specifisch leichtern Körpers, z. B. Korkholz u. d. gl. verbindet. Es ist nicht schwer, die Masse des Korkholzes oder eines andern Körpers zu finden, welche nothwendig damit verbunden werden muß, um ihn zum Schweben zu bringen; denn, wenn $p =$ dem Gewichte des Körpers, $v =$ seinem Raumsinhalte, $r =$ seinem respectiven Gewichte, $P =$ dem Gewichte des Korkholzes, $V =$ seinem Raumsinhalte, $R =$ seinem respectiven Gewichte, und $\rho =$ dem respectiven Gewichte des Wassers ist, so wird (199. Zus. 2.)

$$p + P = (V + v)\,\rho, \text{ und da}$$

$$v = \frac{p}{r},\ V = \frac{P}{R}, \text{ folglich}$$

$$V + v = \frac{p}{r} + \frac{P}{R} = \frac{pR + Pr}{rR}, \text{ so wird}$$

$$p + P = \left(\frac{p \cdot R + P \cdot r}{r \cdot R}\right) \rho$$

$$= \frac{p \cdot R \cdot \rho + P \cdot r \cdot \rho}{r \cdot R}, \text{ also}$$

$$p \cdot r \cdot R + P \cdot r \cdot R = p \cdot R \cdot \rho + P \cdot r \cdot \rho$$

$$p \cdot r \cdot R - p \cdot R \cdot \rho = P \cdot r \cdot \rho - P \cdot r \cdot R$$

$$p \cdot R (r - \rho) = P \cdot r (\rho - R), \text{ folglich}$$

$$P = \frac{p \cdot R (r - \rho)}{r (\rho - R)}$$

Zusatz 1. Eben so leicht findet man, wie viel einem Körper, mit welchem man eine Masse Kork verbunden hat, zum Schwimmen übrig bleibe; denn wenn v, V, r, R, p, P, ρ die nämliche Bedeutung haben, wie oben, so ist $(v + V) \rho$ = dem Gewichte des von seiner Stelle getriebenen Flüssigen, und folglich = dem aufwärts gerichteten Drucke desselben. Daher wird die Schwimmkraft des verbundenen Körpers

$$= (v + V) \rho - (p + P) = \left(\frac{p}{r} + \frac{P}{R}\right) \rho - p + P$$

Wäre daher $(v + V) \rho$ = 120 ℔. das Gewicht der beyden Körper zusammen = 100 ℔., so wäre die Kraft, welche zum Schwimmen übrig bleibt,

$$= 120 - 100 = 20 \text{ ℔.}$$

Zusatz 2. Wollte man anstatt der respectiven Gewichte die eigenthümlichen des Korkes, und des zum Schwimmen zu bringenden Körpers E und e nennen, so würde (44. c.)

$$r = e \cdot \rho$$

$$R = E \cdot \rho, \text{ also}$$

$$(v + V)\rho = \left(\frac{p}{e.\rho} + \frac{P}{E.\rho}\right)\rho$$

$$= \frac{p}{e} + \frac{P}{E}, \text{ folglich}$$

$$\text{die Schwimmkraft} = \frac{p}{e} + \frac{P}{E} - (p + P)$$

Zusatz 3. Nach Wilkenson ist der Mensch nicht viel specifisch schwerer als Wasser, und sein eigenthümliches Gewicht = 1,012, nach Robertson aber meistens specifisch leichter. Wenigstens ist dieses der Fall bey einigen Menschen, wie bey einem gewissen neapolitanischen Priester Paolo Moccia, und wahrscheinlich bey allen dickbauchigen, fetten Menschen.

Zusatz 4. Indessen gehört zum Schwimmen eine zweckmässige Lage des Schwerpunktes, welche zu finden und zu erhalten, die Schwimmkunst ausmacht.

Zusatz 5. Mittel, das Schwimmen zu erleichtern, sind alle Körper, welche specifisch leichter sind, als Wasser, z. B. Blasen, Holz, Schilf, vorzüglich Kork, woraus die Schwimmapparate (Scaphander) verfertiget werden.

202. Aus dem, was bis jetzt gesagt worden ist, ersieht man leicht die Methode, das respective, und aus diesem das eigenthümliche Gewicht sowohl fester als flüssiger Körper zu finden; denn da (44. c.) $e = \frac{r}{\rho}$, und ein Körper bey seinem Eintauchen in das Flüssige so viel am Gewichte verliert, als das Wasser unter seinem Raumsinhalte wiegt, so wird für einen festen untersinkenden Körper r durch eine Wage ausser dem Wasser, ρ durch seinen Verlust

im Wasser gegeben. Für einen Schwimmenden wird x gleichfalls durch die Wage, ρ aber durch das nämliche Gewicht + dem, welches aufgelegt werden muß, um ihn ganz einzutauchen, gegeben. Für einen flüssigen Körper aber wird x durch den Verlust eines festen Körpers in demselben, und ρ durch den Verlust des nämlichen Körpers in dem Wasser angegeben.

Zusatz 1. Die Werkzeuge, das respective Gewicht zu bestimmen, heissen Areometer (Senkwagen) und sind nach ihrer Bestimmung verschieden, als Bier-, Wein-, Brandtweinwagen u. s. w., Salzspindeln u. d. gl.

Zusatz 2. Weitläuftiger von der Einrichtung und dem Gebrauche der Areometer in der Vorlesung.

Zusatz 3. Durch die Bemühungen verschiedener Naturforscher sind die eigenthümlichen und respectiven Gewichte der meisten Körper bereits untersucht. Hier ein Verzeichniß einiger, deren Gebrauch häufig vorkömmt.

	Eigenth. Gewicht	Gewicht eines Kubikfußes				
		℔.	Unz	Dr.	Gr.	℔.
Gold	19,640	1374	12	6	29	= 1374,800
= gegossen .	19,258	1348	1	0	41	= 1348,060
= gehämmert	19,361	1355	5	0	60	1355,270
Platina . . .	15,601	1092	1	7	17	1092,070
= = geschmolzen	19,500	1365	0	0	0	1365,000
= = geschmiedet	21,061	1474	4	2	40	1474,270
Silber . . .	10,542	737	15	0	23	737,940
= gegossen .	10,474	733	3	1	52	733,180
= gehämmert	10,510	735	11	7	43	735,700

	Eigenth. Gewicht	Gewicht eines Kubikfußes				
		℔.	Unz	Dr.	Gr.	℔.
Kupfer gegossen	7,788	545	2	4	35	= 545,160
= = geschmiedet	9,000	630	0	0	0	= 630,000
Eisen, Roheisen	7,207	504	7	6	52	504,490
= gehämmert	7,788	545	2	4	35	545,160
Zinn gegossen .	7,291	510	6	2	68	510,370
= gehämmert	7,299	510	15	2	45	510,930
Bley gegossen .	11,352	794	10	4	44	794,640
Zink gegossen .	7,190	503	4	6	28	503,300
Queckſilber . .	13,568	949	12	2	13	949,760
Diamant . .	3,521	246	7	5	69	246,470
Bergcryſtall . .	2,654	185	13	3	1	185,780
Quarz . . .	2,647	185	4	6	1	185,290
Amethyſt . .	2,651	185	9	0	69	185,570
Smaragd . .	2,775	194	4	0	0	194,250
Rubin	4,283	299	13	2	26	299,810
Topas . . .	4,010	280	11	6	70	280,700
Sapphir . . .	3,994	279	9	3	10	279,580
Hyacinth . . .	3,687	258	1	3	37	258,090
Granat . . .	4,188	293	3	3	17	293,160
Turmalin . .	3,142	219	15	0	23	219,940
Feuerſtein . .	2,627	183	14	1	66	183,890
Schleifſtein . .	2,142	149	15	0	23	149,940
gem. Schiefer .	2,672	187	0	3	24	187,040
Dach = Schiefer	2,853	199	11	7	26	199,710
Carar. Marmor	2,716	190	1	7	25	190,120
grün Bout. Glas	2,642	184	15	3	1	184,940
Kryſtallglas .	2,695	188	10	3	14	188,650
eng. Flintglas .	3,329	233	0	6	38	233,030
Schwefel nat. .	2,033	142	4	7	67	142,310
Stangenſchwefel	1,895	132	10	3	14	132,650
deſtillirtes Waſſer	1,000	70	0	0	0	70,000
Meerwaſſer . .	1,026	71	13	3	39	71,820
Burgunder Wein	0,991	69	6	3	60	69,370
Rhein = Wein .	0,999	69	14	7	28	69,930

	Eigenth. Gewicht	Gewicht eines Kubikfußes.				
		℔.	Unz	Dr.	Gr.	℔.
Braunes Bier	1,034	72	5	6	61	= 72,380
Weisses Bier .	1,023	71	9	6	70	= 71,610
Gemein. Brandw.	0,837	58	9	3	30	58,590
Alcohol (reinster)	0,791	55	5	7	20	55,370
Schwef. äther. .	0,716	50	1	7	26	50,120
Schwefelsäure .	1,841	128	13	6	33	128,870
Salpetersäure .	1,271	89	0	0	46	89,005
Salzsäure . .	1,194	83	9	2	17	83,580
Essig, roher .	1,013	70	15	0	69	70,910
= destillirter	1,009	70	10	5	9	70,630
Baumöhl . .	0,915	64	1	1	6	64,050
Mandelöhl . .	0,917	64	3	0	23	64,190
Leinöhl . . .	0,940	65	13	1	6	65,800
Terpentinöhl .	0,792	55	7	0	23	55,440
Wachs (weißes)	0,968	67	12	6	47	67,760
Pech (weißes) .	1,072	75	0	5	1	75,040
Gummi (arab.)	1,452	101	10	1	68	101,640
Federharz . .	0,933	65	4	7	48	65,310
Kuhmilch . .	1,032	72	4	2	22	72,240
Menschl. Urin .	1,010	70	1	6	70	70,700
Rindstalg . .	0,923	64	9	7	63	64,610
Butter . . .	0,942	65	15	3	1	65,940
Wallrath . . .	0,943	66	1	6	6	66,010
Eichenholz . .	1,170	81	14	3	14	81,900
Buchenholz . .	0,852	59	10	1	66	59,640
Erlenholz . .	0,800	56	0	0	0	56,000
Apfelholz . . .	0,793	55	8	1	20	55,510
Ahornholz . .	0,755	52	13	4	56	52,850
Nußbaumholz .	0,671	46	15	4	12	46,970
Lindenholz . .	0,604	42	4	3	60	42,280
Fichtenholz . .	0,550	38	8	0	0	38,500
Pappelnholz . .	0,383	26	12	56	0	26,810
Korkholz . . .	0,240	16	12	6	29	16,800

203. Nach hydrostatischen Gründen lösete Archimedes (wenn je die Erzählung richtig ist) die bekannte Aufgabe „zu finden, ob in der für Hiero verfertigten Krone dem Golde Silber, und wie viel, beygemischt worden.“

Um die Aufgabe zu lösen, müssen ein Paar Versuche vorausgeschickt werden. — Man muß nämlich wissen, wie viel ein beliebiges Stück a reinen Goldes, und ein beliebiges Stück b reinen Silbers in dem Wasser verliere. Es sey der Verlust des Goldes $= \alpha$, des Silbers $= \beta$. Das Gewicht der ganzen Masse sey m, und sein Verlust im Wasser μ, so ist, wenn x und y die Gewichte des in der Mischung muthmaßlich enthaltenen Goldes und Silbers sind,

$$x + y = m, \text{ also}$$

$$x = m - y$$

$$y = m - x$$

Wenn das Stück Goldes a im Wasser α verliert, so wird x etwa ζ verlieren, oder

$$a : \alpha = x : \zeta, \text{ oder}$$

$$\zeta = \frac{\alpha x}{a}. \text{ Eben so wird}$$

$$b : \beta = y : v$$

$$v = \frac{\beta y}{b}, \text{ also}$$

$$\mu = \zeta + v = \frac{\alpha x}{a} + \frac{\beta y}{b}.$$

Oben war $x = m - y$, also

$$\frac{\alpha x}{a} = \frac{\alpha}{a}(m - y)$$

$$= \frac{\alpha m - \alpha y}{a}; \text{ folglich}$$

$$\frac{\alpha m - \alpha y}{a} = \mu - \frac{\beta y}{b}$$

$$\frac{\beta y}{b} - \frac{\alpha y}{a} = \mu - \frac{\alpha m}{a}$$

$$\left(\frac{\beta}{b} - \frac{\alpha}{a}\right) y = \frac{a\mu - \alpha m}{a}, \text{ folglich}$$

$$y = \frac{a\mu - \alpha m}{a} : \left(\frac{\beta}{b} - \frac{\alpha}{a}\right)$$

$$= \frac{a\mu - \alpha m}{a} : \frac{a\beta - b\alpha}{ab}$$

$$= \frac{a\mu - \alpha m}{a} \times \frac{ab}{a\beta - b\alpha}$$

$$= \frac{a\mu - \alpha m}{a\beta - b\alpha} \cdot b$$

Auf eine ähnliche Art wird auch

$$x = \frac{b\mu - \beta m}{\alpha b - a\beta} \cdot a$$

Zusatz. Es wird aber bey der Auflösung dieser Aufgabe vorausgesetzt, daß die Metalle nach ihrer Legirung sich so verhalten, wie vor der Legirung, welches der Fall nie ist.

204. Ein schwimmender Körper kann nicht ruhen, wenn sein Schwerpunkt nicht unterstützt ist. Dieses ist er aber nur dann, wenn seine Directionslinie durch den Schwerpunkt der weggetriebenen Wassermasse geht. Wäre z. B. (Fig. 56.) der Schwerpunkt des hohlen Körpers dnog, welcher mit dem Gewichte s beschwert ist, in c, und tauchte er sich bis mp ein, so würde der Schwerpunkt des weggetriebenen Wassers mpno etwa in f, also in der Directionslinie von c liegen. Bringt man das Gewicht s aber nach δ, so wird sich der ganze Körper in die Lage δγνω neigen,

aber, weil sich sein Gewicht nicht verändert hat, nicht mehr Wasser wegtreiben, als zuvor. Der Schwerpunkt des Körpers fällt selbst gegen δ vielleicht auf κ. Der Schwerpunkt des weggetriebenen Wassers wird gleichfalls gegen δ etwa auf φ rücken. Der Körper wird also ruhen, wenn κφ senkrecht ist.

Zusatz. Daher schlägt ein Parallelopipedon um, wenn es auf seine schmale Seite gestellt wird, eine Kugel, ein Würfel u. s. w., schwimmen in jeder Lage.

B. Bewegung der Flüssigen.

205. Die Lehre von der Bewegung tropfbar flüssiger Körper heißt Hydraulik. Es ist aber klar, daß die Flüssigen, weil sie schwer sind, den Gesetzen der Bewegung, welche aus der Schwere entspringt, wie die festen, unterworfen sind. Ihre Bewegungsarten müssen daher auf die Gesetze der Bewegung fester Körper gebauet seyn, und sich nach der speciellen Form der Flüssigen modificiren.

206. Wir untersuchen hier die Bewegung des Wassers a) in Röhren und Kanälen, b) aus Oeffnungen, und c) in den Wellen.

a) in Röhren und Kanälen.

207. Wenn Wasser aus einem Orte in einen anderen geleitet werden soll, so muß es in Röhren oder Kanälen geschehen. Da die Reibung, welche zu bestimmen, immer äusserst schwer ist, vieles an der Geschwindigkeit ändert, so können wir nur die Erfahrung zu Rathe ziehen. Wir beurtheilen sie hier nach der Quantität des unter gleichen Umständen an den

Oeffnungen abgegebenen Wassers, und zwar in geradlinigten von 16 und 24 Linien Durchmesser, und einer Länge von 30 bis 150 Fuß. Die Höhe des Wassers ist beständig über den Achsen der Röhren 12 oder 24 Zolle, die Dauer des Auslaufens 1 Minute. Unter diesen Umständen hat man die in der Tabelle angegebenen Resultate gefunden.

Höhe des Wassers	Länge der Röhre	Durchmesser = 16 Lin.	Durchmesser = 24 Lin.
12 Zolle	30 Fuß	2778	7680
	60 =	1957	5564
	90 =	1587	4534
	120 =	1357	3944
	150 =	1178	3486
	180 =	1052	3119
24 Zolle	30 =	4056	11219
	60 =	2888	8190
	90 =	2352	6812
	120 =	2011	5885
	150 =	1762	5232
	180 =	1583	4710

Cub. Zolle Wassers.

208. Aus diesen Beobachtungen geht hervor, daß

a) die Geschwindigkeit des Wassers in seiner Bewegung durch Röhren abnimmt, wenn die Länge der Röhren wächst, und

b) wächst, wenn die Höhe des Wassers ober der Achse der Röhre wächst, aber

c) weder im genauen Verhältnisse der ersten abnimmt, noch im genauen Verhältnisse der zweyten wächst.

Zusatz 1. In der Anwendung nimmt man an, daß die Geschwindigkeiten bey der nämlichen Wasserhöhe im Behälter sich verhalten, wie umgekehrt die Quadratwurzeln der Längen, welches auch mit den Resultaten der Tabelle beyläufig übereinkömmt.

Zusatz 2. Die Geschwindigkeit des Wassers ist bey verschiedenen Temperaturen sehr verschieden, welches sich leicht aus der grössern oder kleinern Flüssigkeit erklären läßt. Prof. Gerstner in Prag hat sich davon durch directe Versuche überzeugt. Er fand unter ganz gleichen Umständen bey

Wasserhöhe	Reaum.	Auslaufszeit	Unterschied
10,7 Zolle	30°	35 Min. 34 Sek.	
	20	44 = 35 =	9 Min. 1 Sek.
	10	60 = 58 =	16 = 23 =
	4	76 = 19 =	15 = 21 =
0,7 Zolle	30	157 = 40 =	
	20	207 = 50 =	50 = 10 =
	10	294 = 40 =	83 = 50 =
	4	381 = 0 =	89 = 20 =

Zusatz 3. Ist die Röhre, durch welche das Wasser läuft, eine krumme, so entstehen Fälle und Gegenfälle, und bey jeder Krümmung wird ein Theil der Geschwindigkeit verloren. Daher wird die Geschwindigkeit um so mehr verzögert, je länger
a) die Röhre in ihrer geraden Ausdehnung ist, und
b) je öfter sie gebogen ist.

209. Bey der Bestimmung der Geschwindigkeit des Wassers in Kanälen muß nicht vergessen werden, daß sie am Grunde, an den Seiten (Ufern), in verschiedenen Tiefen, und am Wasserspiegel verschieden

ist. Um dieselbe an der Oberfläche zu messen, bedient man sich eines Körpers, welcher sich nicht ganz in das Wasser eintaucht, z. B. einer Kugel aus Wachs, oder (nach Silberschlag) einer hohlen messingenen Kugel von 7 Zoll Durchmesser mit einer Schraube, um durch sie so viel Wasser einzulassen, daß die Kugel auf $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{5}$ ihres Raumsinhaltes aus dem Wasser hervorragt. Sie wird an einem von dem Ufer aus bestimmten Punkte in die Mitte des Stromes gelegt, und die Zeit ihrer Bewegung durch eine zuvor schon gemessene Strecke durch eine Sekundenuhr gemessen, wo $C = \frac{S}{T}$ ist.

Um die Geschwindigkeit in verschiedenen Tiefen zu messen, mag unter andern ein Quadrant BCA (Fig. 57.) dienen, an dessen Mittelpunkte C ein Faden mit einer massiven metallenen Kugel P angebracht ist. Wird diese Anrichtung mit CA senkrecht auf das Wasser gebracht, so wird CP nach der Richtung des Stromes abgelenkt, und bildet den Winkel DCA. Hat man CG angemerkt, so ist die Tiefe der Kugel im Wasser $=$ GH $=$ CP $-$ CG bekannt. Erhält man bey einer andern Tiefe den Winkel dCA, so verhalten sich die Geschwindigkeiten

$$C : c = \sqrt{\text{Tang. ACD}} : \sqrt{\text{Tang. ACd}}.$$

Hätte man daher die Geschwindigkeit an der Oberfläche (nach Silberschlags Methode) und dem dort entsprechenden Winkel gemessen, so ergiebt sich auch die Geschwindigkeit für jeden Punkt der Tiefe, und aus mehreren Messungen die mittlere.

Zusatz. Die (mittlere) Geschwindigkeit des in einem Kanale fliessenden Wassers läßt sich auch aus

dem Gefälle berechnen; denn sie ist derjenigen gleich, welche es im Falle über die Höhe des Gefälles erlangt hätte.

Daher wird (87. Zus. 1.) $C = 2\sqrt{h\sigma}$

210. Die Quantität des in einer bestimmten Zeit eine durch das Beet gelegte Durchschnittsfläche durchlaufenden Wassers steht nothwendig im Verhältnisse der Durchschnittsfläche S, und der Geschwindigkeit C, oder

$Q : q = S . C : s . c$, oder wenn A die Höhe, L die Breite des Beetes vorstellt,

$Q : q = A . L . C : a . l . c$, oder (209. Zus.)
$= A . L . 2\sqrt{H\sigma} : a . l . 2\sqrt{h\sigma}$
$= A . L . \sqrt{H\sigma} : a . l . \sqrt{h\sigma}$
$= A . L . \sqrt{H} : a . l \sqrt{h}$.

Zusatz. Im nämlichen Kanale also zu verschiedenen Zeiten

$Q : q = A : a$, und an verschiedenen Punkten desselben

$Q : q = \sqrt{H} : \sqrt{h}$.

b. Aus Oeffnungen.

211. Die Oeffnungen, durch welche das Wasser ausläuft, können entweder α) nach unten, oder β) nach der Seite, oder γ) nach oben gerichtet seyn.

212. α) Wenn das senkrechte Gefäß ABCD (Fig. 58.) an der Bodenfläche BC die Oeffnung FG hat, so wird das auf dem Boden und der geschlossenen Oeffnung aufliegende Wasser gleich stark drücken im Verhältniße der Höhe FH, GI. Sobald nun FG geöffnet wird, hört die Wassersäule HFGI auf,

unterstützt zu seyn, und fällt durch die Oeffnung herab. Dadurch hat aber der Druck auf die umgebenden Säulen IGCD, HFBA aufgehört, der Druck der Wassersäule HKLI wird, weil er kleiner ist, überwunden, und es strömen also diese Säulen gegen die Oeffnung hin, indessen die Säule HKLI nicht aufhört, auf die zusammenströmenden Säulen zu drücken. Dadurch und durch den Widerstand, den sich die zusammenstossenden Wassermassen selbst thun, muß eine zusammengesetzte Bewegung der ganzen Masse entstehen, und den Trichter bilden, der sich darstellt, bis die Wasserhöhe so klein wird, daß die Seitensäulen nicht weiter schneller niedersinken, und so einen kleinen Trichter und eine kleine Senkung ohne Wirbel verursachen.

213. Es ist offenbar, daß die Geschwindigkeit, mit welcher das Wasser ausläuft, derjenigen gleich seyn müsse, welche es im senkrechten Falle durch die ganze Wasserhöhe A erhalten haben würde, oder

$$C = 2\sigma T = 2\sqrt{S\sigma} = 2\sqrt{A\sigma}$$

Zusatz. Daher ist bey verschiedenen Wasserhöhen

$$C : c = \sqrt{A} : \sqrt{a}$$

214. Die Quantität des auslaufenden Wassers wächst 1) mit der Oeffnung O, 2) mit der Geschwindigkeit C, und 3) mit der Zeit des Auslaufens T. Daher

$$Q : q = O.C.T : o.c.t, \text{ oder (213. Z.)}$$
$$= O.T.\sqrt{A} : o.t.\sqrt{a}.$$

Zusatz. Wäre die Oeffnung kreisförmig, so würde, wenn D, d die Durchmesser sind,

$$Q : q = D^2.T.\sqrt{A} : d^2.t.\sqrt{a}$$

215. Die hier aufgefundenen Verhältnisse treten aber wegen der Reibung des Wassers an den Seiten, und an der Oeffnung des Gefässes, und wegen dem Widerstande der Luft nie vollkommen ein. Die Erfahrung hat folgende Resultate gegeben, welche, weil T und A constant bleiben, nach

$$Q : q = O : o = D^2 : d^2$$

beurtheilt werden müssen. Die Zeit des Auslaufens T = 1 Minute, die Höhe über dem Mittelpunkte der Oeffnung A = 11 F. 8 Z. 10 Lin.

	Cubik-Zolle Wassers
Durch eine kreisrunde Oeffnung von 6 Lin. Durchmesser	2311
Durch eine kreisrunde Oeffnung von 12 Lin. Durchmesser . . .	9281
Durch eine kreisrunde Oeffnung von 2 Zolle Durchmesser	37203
Durch eine rechteckigte 1 Z. lange und 3 Lin. breite Oeffnung . . .	2933
Durch eine quadratische Oeffnung, die Seite = 1 Z.	11817
Durch eine quadratische Oeffnung, die Seite = 2 Z.	47361

216. β) Ist die Oeffnung an der Seite, wie Fig. 59. in R, F, L, so hört die Wassersäule, welche an ihr anliegt, auf, von der Seite unterstützt zu seyn, und läuft daher aus. Ihr muß nothwendig wegen der Störung des Gleichgewichtes in der ganzen Masse alles Wasser folgen, welches höher, als die Oeffnung steht, und mit der durch den Druck der Wassersäule hervorgebrachten Geschwindigkeit mit gleichförmiger Bewegung auslaufen, so, daß

$S = CT$ ist, wo ebenfalls C wie oben (213.) $= 2\sqrt{A\sigma}$ seyn wird.

217. Daher wird auch hier, wie oben (214.)

$$Q : q = O . C . T : o . c . t$$
$$= O . T . \sqrt{A} : o . t . \sqrt{a},$$

und bey kreisrunden Oeffnungen

$$= D^2 . T . \sqrt{A} : d^2 . t . \sqrt{a}$$

Zusatz. Ist $T\sqrt{A}$ constant, so wird

$$Q : q = O : o = D^2 : d^2$$

Die Erfahrung weiset dieses Gesetz auch beynahe nach, wie die Resultate der folgenden Tabelle zeigen; denn bey einer beständigen Wasserhöhe von 9 und 4 Fuß erhielt man

Wasserhöhe = 9 F.	Durch eine kreisrunde Oeffnung von 6 Lin. Durchm.	2018	Cub. Zolle Wasser
	Durch eine kreisrunde Oeffnung von 12 Lin. Durchm.	8135	
Wasserhöhe = 4 F.	Durch eine kreisrunde Oeffnung von 6 Lin. Durchm.	1353	
	Durch eine kreisrunde Oeffnung von 12 Lin. Durchm.	5436	

218. Um den Weg zu finden, welchen das durch eine Seitenöffnung auslaufende Wasser macht, sey (Fig. 59.) a b A B ein mit Wasser gefülltes Gefäß, die Seitenöffnung in R, so, daß $BR = \frac{1}{2} AB$ ist. Wenn das Wasser aus demselben ausläuft, so wird es in der Richtung R G mit gleichförmiger, dem Drucke der Wassersäule A R entsprechender Geschwindigkeit (216.) = derjenigen, welche es im Fall durch A R erlangt hätte, horizontal fortbewegt. Mit dieser Geschwindigkeit wird es also einen Raum = 2 A R,

also, wenn RG = 2 AR, das ganze RG beschreiben. Weil aber das Wasser bey seinem Auslaufen aus R nicht mehr unterstützt ist, so wirkt auch die Schwerkraft senkrecht zu dem Horizonte auf dasselbe, und würde es in der Zeit, in welcher es horizontal mit gleichförmiger Bewegung nach G kömmt, senkrecht durch einen Raum $= \frac{RG}{2}$ bringen. Da wir nun angenommen haben, daß R in der Mitte des Gefäßes ist, so ist $RB = AR = \frac{RG}{2}$. Es stellen also RG und RB die Seiten des Parallelogrammes vor, dessen Diagonale beschrieben wird; und $BH = RG = 2RB$ die Entfernung, zu welcher das Wasser hinausströmen muß.

Es ist also im gegebenen Falle diese Entfernung (Wurfsweite) = der doppelten Höhe über dem Horizonte.

Zusatz. Da die wirkenden Kräfte ungleichartig sind, so muß die beschriebene Linie RH eine krumme seyn (132. d.). Die höhere Mathematik beweiset, daß sie eine parabolische seyn müsse.

219. Allgemein verhalten sich aber die Wurfsweiten, wie die Sinus, deren Quersinus = der Höhe des Wassers über der Oeffnung; denn es sey die Seitenöffnung in F, und BDB ein auf der ganzen Seite als Durchmesser beschriebener Halbkreis, so ist FE der Sinus des Bogens AE. Bey der gleichförmigen Bewegung ist der beschriebene Raum = S = CT (82.), hier aber die Zeit, in welcher FE gemacht wird = der Zeit, in welcher im

freyen Falle FB gemacht wird, dieser aber
$= \sqrt{S} = \sqrt{FB}$, die Geschwindigkeit C
aber = der im Falle durch AF erlangten, also
$C = \sqrt{AF}$, folglich
$S = \sqrt{BF . AF}$.

Nun ist aber im Kreise
$AF : FE = FE : FB$, und
$FE = \sqrt{AF . FB}$, also auch
$S = FE$.

Eben dieß gilt auch für RD, LM u. s. w., wenn die Oeffnungen in R, L, u. s. w. sind.

Es ist aber FE der Sinus, AF der Quersinus des Bogens AE, eben so RD der Sinus, RA der Quersinus von AD, also u. s. w.

Zusatz 1. Heissen für F, R, L die Wurfsweiten δ, Δ, ϑ, so wird

$\Delta : \vartheta = RD : LM =$ Sin. tot. : Sin. MB
$\Delta : \delta = RD : FE =$ Sin. tot. : Sin. AE
$\vartheta : \delta = LM : FE =$ Sin. MB : Sin. AE

Zusatz 2. Daher die größte Wurfsweite bey 90° oder in der Mitte des Gefäßes, und gleiche Wurfsweiten bey gleichen Unterschieden über und unter 90°, oder die Mitte.

Zusatz 3. Ist FB beständig, so ändert sich die Wurfsweite nur nach $\sqrt{AF}$, oder der $\sqrt{}$ der Höhe des Wassers über der Oeffnung. Also wird in diesem Falle

$\Delta : \delta = \sqrt{A} : \sqrt{a}$

Dieses Verhältniß weiset sich auch in der oben (217. Zus.) angeführten Tabelle nach, weil

$\Delta : \delta = C : c$, und $C : c = Q : q$

220. γ) Das Wasser, welches mit gleichförmig beschleunigter Bewegung fällt, erlangt eine Geschwindigkeit, mit welcher es am Ende seines Falles wieder eben so hoch steigen kann. Wenn daher mit einem Wasserbehälter GF (Fig. 60.) die am Ende a aufwärts gebogene Röhre ABa verbunden, und in a mit einer Oeffnung versehen ist, so wird das durch AB herabgefallene Wasser durch a zu einer Höhe ab springen, welche derjenigen gleich ist, von welcher es herabgefallen ist.

Zusatz 1. Man sieht leicht, daß diese Anrichtung Springbrunnen giebt. Indessen kann bey denselben die Theorie wegen der Reibung des Wassers an den Röhren, und an der Oeffnung, und wegen dem Widerstande der Luft sowohl, als eines Theiles des zurückfallenden Wassers nie genau eintreten.

Zusatz 2. Als Regeln bey Anlegung solcher Brunnen dienen folgende:

a) ein dickerer Strahl steigt, wenn für hinlänglich weite Zuführungsröhren gesorgt ist, höher, als ein dünnerer, giebt aber in der nämlichen Zeit nicht mehr Wasser.

b) Zu der Oeffnung dient am besten eine dünne, polirte, senkrecht durchbohrte Platte. Weniger tauglich sind kegelförmige, am untauglichsten cylindrische Aufsätze.

c) Die Zuführungsröhren müssen so viel als möglich geradlinigt seyn. Am meisten schadet der Geschwindigkeit eine Beugung unter einem rechten Winkel.

c. Wellenbewegung.

221. Unter Wellenbewegung versteht man diejenige Bewegung des Wassers, durch welche, wenn auf einen Punkt der Wasserfläche was immer für eine Kraft gewirket hat, dasselbe sich progressiv wechselsweise über die horizontale Fläche erhebt, und unter dieselbe vertieft. Die Höhe Cc, Bb (Fig. 61.), welche das Wasser erreicht, heißt die Wellenhöhe, und jede mit der Wasserfläche horizontale Linie AC, bD, welche den Abstand von zwey Erhöhungen oder Vertiefungen mißt, Wellenbreite (Wellenlänge).

222. Es läßt sich beweisen, daß die Linie AbC, welche eine Welle von einem Gipfel bis zu dem andern beschreibt, eine Cycloide ist, und daß, wenn $2r =$ Durchmesser des Circulus genitor, $\sigma =$ dem Fallraume in einer Sekunde, $\pi =$ dem allgemeinen Ausdrucke der Peripherie, die Zeit, in welcher diese Linie beschrieben wird,

$$t = \pi \sqrt{\frac{2r}{\sigma}} \text{ ist.}$$

Daher sind die Zeiten zweyer Wellenbewegungen

$$T : t = \pi \sqrt{\frac{2R}{\sigma}} : \pi \sqrt{\frac{2r}{\sigma}}$$

$$= \sqrt{2R} : \sqrt{2r}.$$

Zusatz 1. Da $2r\pi =$ Peripherie des Circulus genitor $=$ Wellenbreite $= b$ ist, so wird

$$2r\pi = b, \text{ also}$$

$$r = \frac{b}{2\pi}, \text{ so wird}$$

$$t = \pi \sqrt{\frac{2}{\sigma} \cdot \frac{b}{2\pi}} = \pi \sqrt{\frac{b}{\sigma\pi}}, \text{ also}$$

$$t^2 = \pi^2 . \frac{b}{\sigma\pi} = \frac{\pi . b}{\sigma}, \text{ folglich}$$

$$t = \sqrt{\frac{\pi b}{\sigma}}, \text{ und}$$

$$T : t = \sqrt{\frac{\pi B}{\sigma}} : \sqrt{\frac{\pi b}{\sigma}}$$

$$= \sqrt{B} : \sqrt{b}$$

Es hängt also T nur von der Wellenbreite, keinesweges aber von der Wellenhöhe ab.

Zusatz 2. Die Wellenbreite ist daher

$$b = 2 r \pi, \text{ oder aus } i = \sqrt{\frac{\pi b}{\sigma}}$$

$$b = \frac{t^2 \sigma}{\pi}.$$

223. Um die Wellenbewegung mit der gleichförmig beschleunigten zu vergleichen, setzen wir, es werde mit dieser ein Raum S = der Peripherie des Circulus genitor $= 2 r \pi$ gemacht, so wird (87. Zus. 1.) die dazu nothwendige Zeit = ϑ

$$\vartheta = \sqrt{\frac{S}{\sigma}} = \sqrt{\frac{2 r \pi}{\sigma}}. \text{ Es verhält sich}$$

also

$$t : \vartheta = \pi \sqrt{\frac{2r}{\sigma}} : \sqrt{\frac{2 r \pi}{\sigma}}$$

$$t^2 : \vartheta^2 = \frac{2 r \pi^2}{\sigma} : \frac{2 r \pi}{\sigma}$$

$$= \pi : 1, \text{ also}$$

$$t : \vartheta = \sqrt{\pi} : 1$$

Zusatz. Es verhält sich also die Zeit, in welcher die Welle beschrieben wird, zu der Zeit, in

welcher ein Körper durch einen Raum = Peripherie der Welle fallen würde

$$= \sqrt{3,1415} : 1 = 1,772 \ldots : 1.$$

224. Da die Zeit, in welcher eine Welle beschrieben wird $= \pi \sqrt{\frac{2r}{\sigma}}$ (222.), die Zeit einer Pendelschwingung aber (111. Zus.) $= \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{2l}{\sigma}}$, so wird, um die Anzahl der Schwingungen N in der Zeit $\pi \sqrt{\frac{2r}{\sigma}}$ zu finden,

$$1 : N = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{2l}{\sigma}} : \pi \sqrt{\frac{2r}{\sigma}}, \text{ also}$$

$$\frac{N \cdot \pi}{2} \sqrt{\frac{2l}{\sigma}} = \pi \sqrt{\frac{2r}{\sigma}}$$

$$N \sqrt{\frac{2l}{\sigma}} = 2 \sqrt{\frac{2r}{\sigma}}$$

$$N^2 \cdot \frac{2l}{\sigma} = 4 \cdot \frac{2r}{\sigma}$$

$$N^2 = \frac{4r}{l}, \text{ und}$$

$$N = 2 \sqrt{\frac{r}{l}}. \text{ Ist nun } l = r, \text{ so wird}$$

$N = 2$, oder ein Pendel, welches den Radius des Circulus genitor zu seiner Länge hat, macht 2 Schwingungen, während die Wellenbreite beschrieben wird.

225. Die Geschwindigkeit einer jeden Bewegung steht immer im Verhältnisse von $\frac{S}{T}$ hier also, weil

$$S = b = 2r\pi, \text{ und } T = \pi \sqrt{\frac{2r}{\sigma}}$$

$$C = \frac{2r\pi}{\pi\sqrt{\frac{2r}{\sigma}}} = \frac{2r\sqrt{\sigma}}{\sqrt{2r}}.$$

$$= 2r.2r^{-\frac{1}{2}}\sqrt{\sigma} = \sqrt{2r\sigma},$$

Zusatz 1. Daher verhalten sich die Geschwindigkeiten der Wellen

$$C : c = \sqrt{2R\sigma} : \sqrt{2r\sigma},$$
$$= \sqrt{2R} : \sqrt{2r}$$
$$= \sqrt{\ } \sqrt{\ } \text{ der Durchmesser des Circ.}$$

genit.

Zusatz 2. Da $2r\pi = b$, und (222. Zus. 1.)

$t = \sqrt{\frac{\pi b}{\sigma}}$, so wird auch $C = \frac{b}{\sqrt{\frac{\pi b}{\sigma}}} = \frac{\sigma\sqrt{b}}{\sqrt{\pi}}$,

also $C : c = \frac{\sigma\sqrt{B}}{\sqrt{\pi}} : \frac{\sigma\sqrt{b}}{\sqrt{\pi}} = \sqrt{B} : \sqrt{b}$

226. Man sieht hieraus, daß

a) die Welle um so höher und breiter seyn müsse, je grösser die wirkende Kraft ist,

b) daß die Welle nach allen Richtungen von dem Punkte der Einwirkung fortgehen müsse,

c) daß die nachfolgenden Wellen aus den vorausgegangenen entstehen, folglich wenn die erste ein Kreis u. s. w. war, alle übrigen es auch seyn, aber immer niedriger werden müssen, je weiter sie werden.

d) Stossen die Wellen an ein senkrechtes Hinderniß, so werden sie zurückgeworfen, und bilden neue Wellen um einen Punkt, welcher eben so weit hinter der reflectirenden Ebene, als der Mittelpunkt der anschlagenden Welle vor derselben liegt. Schiefe Hin-

dernisse und schiefe Wirkung der Kraft stören den regelmässigen Gang der Wellen sehr.

Zusatz. Diese Gesetze gelten nur im ruhigen Wasser; die Verwirrung mehrerer sich durchschneidender Wellen ist nur scheinbar u. s. w.

Anwendung auf Wassermühlen.

227. Der Druck, welchen eine Wassersäule abcd (Fig. 62.) in dem unter dem Winkel bce zum Horizonte geneigten Gefäße auf den Boden dc = p ausübt, ist, wenn ρ das respective Gewicht des Wassers ausdrückt, (193. Zus. 3.) = p.be.ρ. Was die aufeinander liegenden Wassertheile durch Druck leisten, leistet eine bewegte Wassermasse, welche von ab nach dc herabfällt durch ihre Geschwindigkeit. Es ist also auch in diesem Falle die Wirkung auf die Fläche dc (die Schaufel eines Rades, welches noch in Ruhe ist) = p.be.ρ.

Zusatz 1. Ist be das Gefäll = h, und (209. Zus.) weil $C = 2\sqrt{h\sigma}$, $be = h = \frac{C^2}{4\sigma}$, so wird die Wirkung auf die Fläche $= p.\rho.\frac{C^2}{4\sigma}$

Zusatz 2. Bewegt sich aber die Fläche selbst, so kann das Wasser nur mehr mit der relativen Geschwindigkeit C — c auf dieselbe wirken. Daher wird diese Wirkung $= p.\rho.\frac{(C-c)^2}{4\sigma}$

$= p.\rho.\frac{C^2 - 2Cc + c^2}{4\sigma}$

Zusatz 3. Wenn es bey einem anzulegenden Werke darauf ankömmt, die Geschwindigkeit des

Wassers zu vermehren, so wird das Beet des Kanales (Fig. 63.) in der Richtung 1L verdämmet. Dann heißt ein an dem obersten Punkte des Dammes eingelegter Baum L der Grund- oder Fachbaum.

Zusatz 4. Um die Höhe des Wassers und dadurch auch neuerdings die Geschwindigkeit zu vermehren, legt man über den Fachbaum eine Wand NP, welche durch bewegliche Schutzbretter geöffnet werden kann, damit das Wasser durch die Oeffnung PL in das schiefe Gerinne Lλ und auf die zu bewegende Fläche DE strömen kann. Die Höhe des Wassers LN heißt der Wasserstand. Die durch den Mittelpunkt der zu bewegenden Fläche horizontal gezogene Linie AF giebt LF zum lebendigen, und NF zum ganzen Gefäll.

228. Soll eine Kornmühle durch Wasser in Bewegung gesetzt werden, so geschieht dieses entweder durch ein unterschlächtiges, oder durch ein oberschlächtiges Rad, je nachdem das Wasser auf den tiefsten oder höchsten Theil des Rades aufschlägt. Da es im zweyten Falle nicht nur durch Stoß, sondern auch durch sein Gewicht wirkt, so ist die Wirkung auch viel grösser als im ersten Falle. Das Rad vertritt daher die Stelle der Kurbel bey Handmühlen, oder des Zugarmes bey Pferdemühlen (185. 186.).

Zusatz 1. Der Durchmesser dieses Rades ist zwar willkührlich. Aber da ein grosses Rad zwar ein grösseres Moment giebt, aber sich auch langsamer bewegt, so müssen darüber die Umstände entscheiden.

Zusatz 2. Da bey einem schiefen Stosse ein Theil der Kraft verloren geht, so muß das Mühlgerinne Lλ (Fig. 63.) so angelegt seyn, daß das

Wasser (so viel möglich) senkrecht auf die Schaufel eines unterschlächtigen Rades DE wirken kann.

Zusatz 3. Daher müssen die Schaufeln unter einem Winkel zu einander geneigt seyn, welcher bewirkt, daß sich die nachfolgende Schaufel de noch außer dem Wasser befindet, wenn der Stoß auf die vorausgehende DE geschieht, weil sonst ein Theil des Wassers der untersten Schaufel entzogen, und der entzogene Theil auf die nachfolgende nur schief wirken, daher die volle Wirkung geschwächt werden würde.

Zusatz 4. Sind alle Umstände bekannt, so findet sich leicht der Winkel ECe, unter welchem die Schaufeln zu einander geneigt seyn müssen, und daraus die Anzahl der Schaufeln $= \frac{360}{ECe}$.

229. Für die Geschwindigkeit einer unterschlächtigen Mühle, wenn ihre Wirkung im Beharrungszustande ein Maximum seyn soll, hat Parent das merkwürdige Gesetz bewiesen, es müsse die Geschwindigkeit der Schaufel $c = \frac{1}{3}$ der Geschwindigkeit C des Wassers also $c = \frac{1}{3} C$ seyn. Folglich wird die Wirkung (227. Zus. 2.) $= p \cdot \rho \frac{(C - \frac{1}{3} C)^2}{4\sigma}$

$$= p \cdot \rho \cdot \frac{4 C^2}{36 \sigma}$$

$$= p \cdot \rho \cdot \frac{C^2}{9 \sigma}$$

a) Unterschlächtige Kornmühle.

230. Die Einrichtung einer unterschlächtigen Mühle ist bekanntlich folgende: Die Mahlwelle

(Grindel) MN (Fig. 64.) trägt nebst dem Wasserrade PD das Kammrad GK, welches in den Trilling Ll eingreift, an dessen verlängerter Achse (Mühleisen) lo der Läufer AB auf dem Bodensteine ab umgedreht wird, und das durch das Läuferauge O eingeschüttete Getreide zermalmet.

Zusatz. Was die Einrichtung einer Mühle als Baute betrifft, gehört sie in die Hydrotechnik. Hier kann sie nur als Maschine behandelt werden.

231. Setzen wir einer zu berechnenden unterschlächtigen Mühle ganzes Gefäll = 2 Fuß, der schon vorräthige Läufer habe 4 Fuß Durchmesser, 1,5 Fuß Höhe, und solle in 1 Minute 5o Umläufe machen, so wird

a) der kub. Inhalt des Läufers

$$= \frac{d^2\pi}{4} \cdot 1{,}5$$

$$= \frac{16 \cdot 3{,}14 \cdot 1{,}5}{4}$$

$$= 3{,}14 \cdot 6 = 18{,}84 \text{ cub. F.}$$

das Gewicht desselben also = 18 . 160 = 2880 ℔.

folglich $Q = \frac{2880}{54} = 53,3$.

b) Die Umlaufszeit des Läufers ist = $\frac{6}{5}$ Sekunden, seine Peripherie = $d\pi = 4 \cdot 3{,}14 = 12{,}56$, folglich seine Geschwindigkeit $G = \frac{12{,}56 \cdot 5}{6} = 10{,}46$

c) Das Maximum der Wirkung geht hervor, wenn die Geschwindigkeit des Rades = $\frac{1}{3}$ der Geschwindigkeit des Wassers (229.) also $C = \frac{2\sqrt{h\sigma}}{3}$ (227.) = $\frac{2\sqrt{2 \cdot 15}}{3} = 3{,}65$ Fuß.

Geben wir dem Wasserrade 12 Fuß im

d) Durchmesser, und einer Schaufel die Höhe von 2 Fuß, so ist sein Durchmesser bis zu dem Mittelpunkte der Schaufel = 10 Fuß, die Peripherie also = 31,4, und seine Umlaufszeit = $\frac{31,4}{3,6}$

= 8,7 Sekunden.

e) Die Anzahl der Kämme und Triebstöcke verhält sich, wie die Umlaufszeiten, folglich

$8,7 : \frac{6}{5} = x : 1$, und

$x = 7,25$.

Giebt man also dem Trillinge 8 Stöcke, so ist die Anzahl der Kämme = $8 . 7,25 = 58$.

f) Aus den bis jetzt berechneten Daten wird

$$P = \frac{G . Q}{C} = \frac{10,5 . 54}{3,6} = 157,5 \text{ ℔}.$$

g) Der Effect dieser Mühle ergiebt sich aus der (185. h) bekannten Vergleichung

$$g \quad n \quad r$$

$8400 : e = 691332 : 2880 . 50 . 2$

$= 691332 : 288000$, und

$\bullet = 3499,3$ ℔.

Oberschlächtige Kornmühle.

232. Das oberschlächtige Rad wird immer gebraucht, wenn man wenig Wasser hat, welches aber von einer höhern Stelle durch ein Gerinne auf den obern Theil des Rades geführt werden kann. Es besteht aus vielen um seine Peripherie gelegten Kasten (Wassersäcken), welche oben das Wasser aufnehmen, und unten wieder ausgiessen. Das Wasser wirkt also in ihnen zwar anfangs durch Stoß, wenn es (Fig. 65.)

aus dem Gerinne Ll auf das Rad in T fällt; und dann durch sein Gewicht, wodurch das Rad um seine Achse bewegt wird, wenn das Moment des in den Säcken von T bis M enthaltenen Wassers hinreichend ist, den Widerstand der ganzen Maschine zu überwinden.

Zusatz. Die gewöhnliche Art, ein Kastenrad einzurichten, ist folgende: Es sey AAA die innere, BBB die äussere Peripherie der Kränze, zwischen welchen die Kasten liegen, und CE ein Radius des Rades, dessen Theil DE die Breite des Körpers mißt. Man theilt DE in 3 Theile, deren einer DF seyn soll, mit CF wird der Kreis FFF (Theilriß genannt) gezogen, und dieser in so viele Theile getheilt, als man Wassersäcke haben will. Es seyen o, F, P solche Theilungspunkte, so zieht man durch o und P die gerade Linie OP, deren Verlängerung PM die Lage einer Schaufel (Stoßschaufel) giebt. Die zwischen den Theilriß und die innere Peripherie des Kranzes fallenden Theile der Radien DF, GP, ot, AF heissen zum Unterschiede von der vorigen Riegelschaufel (Kropfschaufel).

233. Die Erfahrung, mit welcher die Theorie übereinstimmt, hat gelehrt, daß die Kraft, mit welcher an diesem Rade gewirkt wird, so groß ist, als wenn an der Peripherie des Theilrisses nach der Tangente eine Kraft wirkte = dem Gewichte einer Wassersäule, welche den wasserhaltenden Bogen zu ihrer Höhe, und den mittlern Querschnitt der Kasten zu ihrer Grundfläche hat.

Zusatz. Ist z. B. der Durchmesser des Rades bis zum Theilrisse = 15, der wasserhaltende Bogen

= 10 Fuß, der mittlere Querschnitt ein Rechteck, dessen Länge 1,5, Breite 1,5 Fuß ist, so wird die Grundfläche = 2,25 □ Fuß, des Wassers cubischer Inhalt = 22,5 cub. Fuß, und sein Gewicht

$$= P = 22{,}5 \cdot 70 = 1575 \text{ ℔.}$$

234. Bey einer Mühle mit oberschlächtigem Rade muß die Geschwindigkeit der Maschine und des einfallenden Wassers gleich seyn. Ist daher die Höhe der Rinne Ll ober dem Aufschlagspunkte = h, so wird die Geschwindigkeit $C = 2\sqrt{h\sigma}$, woraus sich für diese Mühle alles berechnen läßt.

235. Ist $h = 2$ Fuß, so wird

$$C = 2\sqrt{30} = 10{,}9 = 11, \text{ also}$$

a) $P \cdot C = 1575 \cdot 11 = 17325.$

b) Soll das Rad eine Mühle bewegen, deren Läufer in 1 Min. 50 Umläufe macht, so geschieht Ein Umlauf in $\frac{6}{5}$ Sek. Hat der Läufer 5 Fuß Durchmesser, so ist seine Peripherie = 15,7, also seine Geschwindigkeit G = 13 Fuß, also

$$c)\ Q = \frac{P \cdot C}{G} = \frac{17325}{13} = 1332{,}8, \text{ und}$$

d) hieraus läßt sich das Gewicht, die Grundfläche, und Höhe des Läufers nebst dem Effecte der Maschine (nach 231.) leicht berechnen.

b) Stoßmühle.

236. Eine Mühle, welche bestimmt ist, gewisse Körper zu zermalmen, als Pulver-, Oehl-, Loh- und Papiermühlen u. s. w., heißt eine Stampfmühle, welche bald Hammer- bald Stämpferwerk ist. Die allgemeine Einrichtung dieser Mühlen ist folgende:

An der Hauptwelle MN (Fig. 66. und 67.) bewegt sich mit dem Wasserrade BP das Sternrad GK, welches in den horizontalen Trilling L1 eingreift. Der Trilling bewegt sich an der Daumwelle DC, welche ihren Namen daher hat, weil sich an ihr Erhabenheiten (Fig. 67 und 68.) dD befinden, welche Daumen heissen, und, indem sie in die Hebezapfen de eingreifen, die Stämpfer oder Hämmer HI in die Höhe bringen.

Zusatz 1. Damit die Maschine gleichförmig wirke, müssen a) immer gleich viel Stämpfer (Hämmer) gehoben werden, b) die Daumen die Form einer Epicycloide haben, und c) die Stämpfer sich zwischen den Scheidelatten pq bewegen, deren eine ober, die andere unter dem Hebezapfen angebracht ist, wodurch das Ueberschlagen derselben verhindert wird.

Zusatz 2. Ist die Anzahl der Erhebungen eines Stämpfers bey einer Umdrehung der Daumwelle n, so ist $\frac{360}{n}$ der Bogen, um welchen die Daumen von einander abstehen müssen. Ist N die Anzahl der Stämpfer, so gehören für jeden Stämpfer n Daumen, die Welle muß daher mit N . n Daumen besetzt werden, und der Winkel, welchen am Mittelpunkte der Welle die zu einem Stämpfer gehörigen Daumen mit den Daumen des nächsten Stämpfers machen $= \frac{360}{N . n}$.

Zusatz 3. Gewöhnlich wird die Einrichtung so getroffen, daß der Hebezapfen von dem Daumen dann ergriffen wird, wenn dieser in die horizontale

Lage gekommen ist, und wieder fällt, wenn der Daumen mit dem Horizonte einen (Erhebungs-) Winkel von 60° bildet.

237. Setzen wir, eine Lohmühle solle von einem unterschlächtigen Rade getrieben werden. Jeder Stämpfer wiege (nach Bayer) 120 ℔., und die Einrichtung sey so getroffen, daß immer 5 Stämpfer gehoben sind, so ist

a) $Q = 120 . 5 = 600$ ℔.

b) Dreht sich die Daumwelle in 2 Sekunden einmal um, und ist ihr Durchmesser = 1,5 Fuß, so ist die Geschwindigkeit $G = \frac{1,5 \times 3,14}{2} = 2,35$ Fuß, also $Q . G = 600 . 2,35 = 1410$.

c) Die Geschwindigkeit der Kraft ist, wenn das Gefäll = 2 Fuß gesetzt wird (209. Zus.)

$$C = \frac{2\sqrt{h\sigma}}{3} = \frac{2\sqrt{30}}{3} = 3,6, \text{ folglich}$$

d) $\frac{Q . G}{C} = \frac{1410}{3,6} = 391,6$ ℔.

e) Ist der Durchmesser des Rades bis zu dem Mittelpunkte der Schaufeln = 10 Fuß, so ist seine Peripherie = 31,4, also seine Umlaufszeit

$$= \frac{31,4}{3,6} = 8,7 \text{ Sekunden.}$$

f) Die Anzahl der Triebstöcke und Zähne verhält sich, wie die Umlaufszeiten, also

2 : 8,7 = 1 : 4,35. Hat man daher für den Trilling 9 Stöcke bestimmt, so muß das Sternrad 9 . 4,35 = 39 Zähne erhalten.

g)

c) Sägemühle.

238. Eine Mühle, durch welche mittels einer Säge Bäume oder Steine durchschnitten werden, heißt eine Schneidemühle (Sägemühle). Zur Erreichung dieses Zweckes wird der zu zerschneidende Baum Q auf den Klozwagen NO (Fig. 69., 70.) gelegt. Die Säge AB ist in die Riegel des Gatters ab eingefugt, welches in den Nuthen der Gattersäulen vertical auf und nieder bewegt wird. An dem untern Riegel b ist die Lenkstange BC, an deren Ende C eine Kurbel ECD an einer Welle befestiget ist. An dieser Welle ist zugleich der Trilling L l befestiget, welcher in das an der Welle des Wasserrades befestigte Sternrad GK eingreift, wodurch bey der Bewegung des Wasserrades nothwendig die Säge immer auf und nieder gezogen werden muß.

Zusatz 1. Um den Baum Q immer der Säge entgegen zu rücken, bringt man (Fig. 69.) eine Welle G an, in welcher der Hebel GH steckt, welcher mit dem Riegel a durch eine bewegliche Lenkstange H a verbunden ist, und außer dem noch ein kurzer Hebel GT, mit welchem die Stoßstange TK nach einem gezahnten Sperrrade M geht, welches zur Seite des Klozwagens angerichtet wird. Die Welle derselben liegt unter dem Wagen, und hat 2 Trillinge O, welche in die Zähne des Wagens eingreifen. Durch diese Anrichtung wird bey jedem Auf- und Niedergehen der Säge ein Zahn des Sperrrades fortgestossen, und dadurch der Wagen der Säge zugeführt. Während die Säge heruntergeht,

liegt der Klozwagen still; daher macht man die Säge oben breiter als unten, damit sie in ihrem Niedergehen immer zu schneiden finde. Damit aber unter dieser Zeit das Sperrrad nicht zurücklaufe, wird der Sperrhacken P angebracht.

Zusatz 2. Bey Steinschneidemühlen hat die Säge keine Zähne, und wird horizontal hin und her gezogen.

239. Wenn die Säge steigt, so schneidet sie nicht ein. Es ist also hier nur das Gewicht des Gatters q mit der Säge zu überwinden. Sinkt aber die Säge, so ist der Widerstand des zu zerschneidenden Holzes W zu überwinden, und das Gewicht des Gatters wirkt mit der Kraft. Daher ist bey dem Niedergehen der Säge zu überwinden $W - q$, bey dem Steigen aber q. Damit also Q immer gleich bleibe, muß $q = W - q$, also $q = \frac{W}{2}$ seyn.

Zusatz 1. Nach Belidors Schätzung ist bey einem nicht ausgetrockneten 12 Zoll in's Gevierte starken eichenen Stamm $Q = 90$ ℔., bey ganz ausgetrockneten ungefähr $Q = 180$ ℔.

Zusatz 2. Die Geschwindigkeit zu 5 bis 6 Fuß auf die Sekunde ist hinreichend, weil eine grössere zu grosse Erhitzung verursachen würde.

240. Setzen wir nach den obigen Angaben $Q = 130$ ℔. die Geschwindigkeit $G = 6$ Fuß, so wird, wenn die Sägemühle von einem oberschlächtigen Rade getrieben werden soll (234.) $C = 2\sqrt{h\sigma}$, und wenn wir $h = 1$ Fuß setzen $C = 2\sqrt{15} = 2 . 3{,}8 = 7{,}6$, also

$$P = \frac{Q . G}{C} = \frac{130 . 6}{7{,}6} \quad 102{,}6 \text{ ℔.}$$

III.

Wärmelehre.

241. Im tropfbar Flüssigen stellte sich uns die Gleichheit der Actionen der beyden Urfactoren dar. Ueberwiegt der expansive Factor (das Licht) in einem höhern Grade, so kann er, als das Reinbewegliche, nur erscheinen in Phänomenen der Bewegung. Selbstbewegung ist, wie Oken sehr richtig bemerkt, der einzige aber wesentliche und erschöpfende Unterschied zwischen dem Organischen und Unorganischen. Daher ist ein höherer Grad der Beweglichkeit auch ein höheres Annähern zum Leben. Und der expansive Factor, der im Organischen als Princip des wahren Lebens erscheint, kann im Unorganischen nur ein Analogon derselben hervorrufen, grössere Beweglichkeit, die sich uns in den höhern Stuffen der Flüssigkeit darstellt. Der expansive Factor erscheint also hier als fluidisirendes Princip, welches man gewöhnlich mit dem Namen des Wärmeprincipes bezeichnet. Daher sind uns die Phänomene der Wärme eben so viele Erscheinungen des expansiven Factors.

Alle diese Phänomene müssen sich daher auch in Ausdehnung äussern, und diese kann bis zu der Veränderung der Form der Aggregation steigen.

Zusatz. Daher kann das Wärmeprinzip keine neuen Materien, sondern nur neue Modificationen der Materien geben.

Wenn bey der Einwirkung des Wärmeprinzipes eine chemische Veränderung der Materien geschieht, so wirkt immer ein anderes Agens, z. B. Sauerstoff, ein oxidabler Körper, u. d. gl. mit, und die Erscheinung ist dann nicht mehr reine Wirkung des Wärmeprinzipes.

242. Nicht in allen Körpern kann das Wärmeprinzip gleich leicht erregt werden. Man nennt das Vermögen, das Wärmeprinzip gebunden zu halten, Capazität, und Ritter bemerkt, daß sie bey festen Körpern sich verhalte gerade wie ihre Cohäsion X, und umgekehrt wie ihre Entfernung vom Schmelzpunkte N, also

$$C = \frac{X}{N} = \frac{\text{Cohäsion}}{\text{Entf. v. Schmelzp.}} = \frac{\text{Contraction}}{\text{Expansion}}.$$

Für flüssige Körper ändert Wagner die Formel um in $C = \frac{F}{N}$, wo F den Grad der Flüssigkeit, N die Entfernung vom Siedepunkte bedeutet, weßwegen auch

$$C = \frac{F}{N} = \frac{\text{Flüssigkeit}}{\text{Entfern. v. Siedep.}} = \frac{\text{Expansion}}{\text{Contraction}}.$$

Zusatz 1. Wird die Capazität des Eisens = 1 gesetzt, so wird für die übrigen Metalle nach dem Wärmegrade, den sie zum Schmelzen erfordern, und Sikingen's Versuchen über ihre Cohäsion die

Capazität des Messings = 8,33
des Kupfers = 4,12
des Goldes = 1,54
des Silbers = 0,33 u. s. w.

Zusatz 2. Aus Gay Lussac's Versuchen geht für die Gasarten, und wahrscheinlich für alle elastische Flüssigkeiten das Gesetz hervor, daß bey gleichem Raume und gleichem Drucke ihre Capazitäten gleich, folglich bey gleichem Gewichte und unter gleichem Drucke um so grösser sind, je kleiner ihre specifischen Gewichte sind.

Zusatz 3. Beschreibung und Versuche mit Lavoisier's Calorimetre.

243. Je grösser übrigens die Capazität eines Körpers ist, desto beständiger behält er die Form seiner Aggregation, aber die Folge der erhöhten Wirkung der Expansion ist der Erfahrung und der Natur der Sache gemäß Ausdehnung des Körpers, welche entweder nur eine Veränderung des cubischen Inhaltes, oder der Form der Aggregation bewirkt.

Zusatz 1. Deßwegen bleibt eine metallene Kugel, welche kalt durch einen Ring fiel, nach der Erwärmung auf demselben liegen u. s. w. Eis geht dadurch über zu Wasser, dieses zu Dünsten oder Dämpfen u. dgl.

Zusatz 2. Indessen werden nicht alle Körper gleich ausgedehnt. So dehnt sich Luft mehr und geschwinder als Queckſilber, dieses mehr und gleichförmiger als Weingeist aus. Man hat das Gesetz dieser Verschiedenheit noch nicht auffinden können.

Zusatz 3. Selbst die Resultate der verschiedenen Versuche über die Ausdehnung der Metalle, welche

von verschiedenen Physikern angestellt worden sind, weichen sehr von einander ab. In der unten stehenden Tafel sind diese Resultate aus Gehler aufgezählt, und daraus das berechnete Mittel hinzugesetzt worden. Die Ausdehnungszahlen bedeuten $\frac{1}{100000}$ Theile der ganzen Länge der Metalle, mit welchen die Versuche angestellt worden sind.

	v. Musschenbrök	Ellicote	Bouguer	Don Juan	Condamine	Scheaton	Herbert	Mittel
Glas	—	—	78	60	—	83	86	76,75
Gold	—	73	94	—	—	—	—	83,50
Eisen	73	60	55	92	106	125	107	88,28
Stahl	77	56	—	127	—	122	—	95,50
Silber	—	103	73	—	—	—	—	121,66
Kupfer	80	89	—	167	174	170	156	139,33
Messing	101	95	—	204	—	193	172	153,00
Bley	142	155	109	—	—	286	262	190,80
Zinn	141	—	—	—	—	248	212	217,00

Zusatz 4. Nachweisung dieser Erfahrungen durch das Pyrometer.

244. Wirkt der expansive Factor eines Körpers ausser denselben hinaus, so wirkt er auf umgebende Körper so, daß auch in ihnen ihr expansiver Factor erregt wird, und sie nun alle Erscheinungen geben, welche er selbst gegeben hat und giebt. Wirkt der Körper auf uns, so bezeichnen wir die Empfindung,

welche er in uns verursacht mit dem Namen Wärme, und den Grad seines Hinauswirkens mit dem Namen der Temperatur.

Zusatz 1. Die Temperatur steht offenbar im umgekehrten Verhältnisse der Capazität, so, daß

$$T = \frac{1}{C}, \text{ also } (342.) = \frac{N}{X} = \frac{\text{Freyheit der Expansion}}{\text{Contraction.}}$$

Zusatz 2. Das Vermögen, die Temperatur längere Zeit zu erhalten, heißt man specifische Wärme. Sie wird aber nicht selten mit der Capazität als gleichbedeutend genommen. Bey der Messung derselben wird die des Wassers = 1 gesetzt, und in Vergleichung mit dieser ist (nach Crawford)

die	des	Queckſilbers	= 0,033
;	;	Bleyes	= 0,035
;	;	Goldes	= 0,050
;	;	Zinnes	= 0,070
;	;	Silbers	= 0,082
;	;	Kupfers	= 0,111
;	;	Messings	= 0,112
;	;	Eisens	= 0,126
;	;	Stikstoffgases	= 0,793
;	;	Kohlens. Gas.	= 1,045
;	;	atmosph. Luft	= 1,790
;	;	Sauerstoffgas.	= 4,749
;	;	Wasserstoffgas.	= 21,4000

Zusatz 3. Die Hervorbringung einer gleichen Erregung in einem zweyten Körper hat den Begriff einer Mittheilung der Wärme und eines Strebens zu dem Gleichgewichte veranlasset, weil offenbar die Einwirkung des einen auf den andern so lange fortdauern muß, bis ihre Erregungen gleich geworden sind.

Es ist wohl auch nicht schwer einzusehen, daß die aus der gegenseitigen Einwirkung gleichartiger Stoffe, welche sich mit einander vermischen, hervorgehende Temperatur x die mittlere arithmetisch-proportionale seyn müsse, so, daß, wenn die Massen der sich mischenden Stoffe M, m, ihre Temperaturen T, t sind,

$$x = \frac{MT + mt}{M + m}$$, oder bey gleichen Massen

$$x = \frac{T + t}{2}$$ wird.

Zusatz 4. Aus dieser Formel (Richmanns) geht hervor die Proportion der sich mischenden Massen, um x zu erhalten, weil

$$x\,(M + m) = MT + mt$$, folglich

$$M : m = x - t : T - x$$

Zusatz 5. Dieses Gesetz gilt aber nur für die Mischung gleichartiger Stoffe. Bey ungleichartigen sind die Variationen so verschieden, daß man noch kein allgemeines Gesetz gefunden hat.

245. Die Temperatur wird gemessen nach der Ausdehnung solcher Körper, auf welche sie einwirkt. Es wird, um eine richtige Messung zu geben, nothwendig, daß sich dieser Körper regelmässig und gleichförmig ausdehne. So ein Körper heißt dann ein thermometrischer, und eine solche ganze Anrichtung ein Thermometer.

Zusatz 1. Cornelius Drebbel verfertigte zuerst ein solches Werkzeug und bediente sich dazu als thermometrischer Substanz der atmosphärischen Luft, woher der Name Lufthermometer. Amontons und Lambert haben dasselbe verbessert. Indessen taugen

diese Anrichtungen nur für kurze Zeiten, in welchen sich die Temperatur der umgebenden Luft um nichts ändert. Genaue Beschreibung und Erklärung des Gebrauches in der Vorlesung. Nach Drebbel verfertigte die Academie del Cimento ihr florentinisches Thermometer, bestehend aus einer Glasröhre, an beyden Extremitäten luftdicht verschlossen, mit und gefärbtem Weingeiste gefüllt. Seine Eintheilung war aber ganz unbrauchbar.

Newton füllte es mit Leinöhl, und theilte es von der Temperatur des schmelzenden Schnees bis zu der Wärme des menschlichen Körpers.

Fahrenheit war der erste, welcher es mit Quecksilber füllte. Er theilte es von einem künstlichen, durch gleiche Theile Schnee und Salmiak hervorgebrachten Gefrierpunkte bis zu dem natürlichen Siedepunkte des Wassers in 212 Theile (Grade). (Fig. 71. F.)

Reaumur füllte demohngeachtet noch immer mit Weingeist, und theilte von dem natürlichen Gefrierpunkte bis zum natürlichen Siedepunkte des Wassers in 80 Grade. In der Folge theilte man auch das Queckſilberthermometer nach der nämlichen Scale, und nannte es reaumur'sches, was es nun ganz und gar nicht mehr war. (Fig. 71. R.)

Von und zu den nämlichen Fundamentalpunkten theilte Celsius in 100 Theile, woraus die so bequeme Centesimalscale entstand. (Fig. 71. G.)

De l'Isle theilte zwar auch nach dem nämlichen Fundamentalabstand, aber in 150 Grade, und vom Siedepunkte zum Gefrierpunkt abwärts. (Fig. 71. I.)

So theilten noch andere anders. Aber auſſer den angeführten Scalen sind keine mehr gewöhnlich.

Zusatz 2. Prof. Heinrich in Regensburg war gewiß der erste, welcher sich ein richtiges bis auf 276° Reaum. genaues Thermometer mit vieler Mühe verschaffte. Er macht zugleich den Vorschlag, den Abstand des Gefrier- und Siedepunktes des Queck-silbers als Fundamentalabstand zu gebrauchen, und ihn in 1000 Theile zu theilen. In dieser Voraus-setzung würden

1000° Heinr. = 285° Reaum. = $356\frac{1}{4}$° Cels. = $658\frac{1}{4}$° Fahrn.

353 " " = 80 " " = 100 " " = 212 " "

101 " " = 0 " " = 0 " " = 32 " "

0 " " = −32 " " = −40 " " = −40 " "

246. Nach der vorausgegangenen Beschreibung der Einrichtung der noch üblichen Thermometer wird es leicht seyn, dieselben auf einander zu reduciren.

a) Sollen reaumur'sche Grade auf fahrenheit'sche reducirt werden, so sind dem Raume nach

(212 − 32) f = 180 f = 80 r, es verhält sich also eine bestimmte Anzahl f zu einer bestimmten Anzahl r = f : r = 180 : 80. Es wäre also, wenn Fahrenheit von dem nämlichen Punkte aus zu zählen beginnen würde,

$$f = \frac{180}{80} \cdot r = \frac{9}{4} r.$$

Da aber Reaum. 0 = 32 Fahr. ist, so wird

$$f = \frac{9}{4} r + 32.$$

b) Sollen celsius'sche Grade auf fahrenheit'sche gebracht werden, so wird aus dem nämlichen Grunde, und weil 180 : 100 = f : c

$$f = \frac{180}{100} c + 32 = \frac{9}{5} c + 32, \text{ folglich}$$

c) $r = (f - 32) \frac{4}{9}$, und

d) $c = (f - 32) \frac{5}{9}$.

e) Sollen reaumur'sche Grade auf celsius'sche reducirt werden, und umgekehrt, so wird

$$100 : 80 = c : r, \text{ also}$$

$$c = \frac{100}{80} \cdot r = \frac{5}{4} r, \text{ und}$$

$$r = \frac{4}{5} c.$$

f) Sollen reaumur'sche Grade auf de l'isle'sche reducirt werden, so sind

$$150 : 80 = i : r, \text{ also}$$

$$i = \frac{150}{80} r = \frac{15}{8} r, \text{ wenn de l'Isle auch}$$

von dem Gefrierpunkte zu zählen anfangen würde. Da er aber vom Siedepunkte zählt, so wird

$$i = 150 - \frac{15}{8} r, \text{ also}$$

g) $r = (150 - i) \frac{8}{15}$, und daher auch

h) $i = 150 - \frac{5}{2} c$

i) $c = (150 - i) \frac{2}{3}$

k) $f = (150 - i) \frac{6}{5} + 32$

$$= 180 - \frac{6i}{5} + 32 = 212 - \frac{6.i}{5}, \text{ also.}$$

l) $i = (212 - f) \frac{5}{6}$.

247. Um hohe Hitzgrade zu messen, hat Wegwood ein eigenes, auf die Zusammenziehung einer gewissen Art Thonerde gegründetes Werkzeug erfunden. Die Einrichtung desselben (Wegwood's Pyrometer, Metallthermometer genannt) ist ungefähr folgende: bd, bd (Fig. 72.) sind 2 metallene Lineale, welche auf einer metallenen Platte unter einem spitzen Winkel befestiget sind. Ihr oberer Abstand bb beträgt 0,5 Zolle, der untere dd 0,3. Die Länge bd = 2 Fuß ist in 240 Theile getheilt. Diese ganze Anrichtung heißt das Maas, in welches bey seiner grössern Oeffnung die bey gelindem Feuer gebackenen

Stücke bab einer Mischung aus 3 Theilen Thonerde, und 2 Theilen Kieselerde genau passen. Bringt man so ein Stück in das Feuer, dessen Hitze gemessen werden soll, so zieht es sich zusammen, und bezeichnet durch den Punkt, bis zu welchen es nun zwischen den Linealen eingeschoben werden kann, den Grad der Hitze. Uebrigens entspricht der Nullpunkt dieses Thermometers dem 1077° Fahrenh. = 464½° Reaum. und ein Grad Wegw. ist immer = 130° Fahrenh. = 57⅞ Reaum.

Zusatz 1. Gazeran giebt an, eine Mischung von 150 Theilen weissen Thones mit 63 geschlemmten, und fein gestossenen Sandes von Fontainebleau geknetet, und so lange getrocknet, bis von 200 Theilen Wassers 170 verloren sind, thue hier treffliche Dienste.

Zusatz 2. Hieher gehört auch Wolhem's Feuermesser.

Zusatz 3. Um den Grad der Hitze bestimmen zu können, welche von einzelnen brennbaren Körpern hervorgebracht wird, hat man eigene Anrichtungen erdacht, welche den Namen Calorimeter führen, und mit Lavoisier's Calorimeter nicht verwechselt werden dürfen.

Unter andern hat Montgolfier ein solches Werkzeug angegeben, wovon (mir) aber keine Resultate bekannt sind.

Die neueste und genaueste Anrichtung ist von Gr. Rumford gegeben worden, aus dessen Benutzung folgende Resultate für die Wärmeerzeugung verschiedener Substanzen hervorgegangen:

Ein Pfd. erwärmt bis zum Siedepunkt eiskalten Wassers von

Wasserstoff			410,000 Pfd.
Kohlenstoff			57,608 .
Alkohol von 42°			61,952 .
" " im Handel			54,218 .
Weingeist von 33°			52,604 .
Baumöhl			90,439 .
Rübsenöhl			93,073 .
Wachs			94,682 .
Lindenholz	Auf der Luft getrocknet.	34,707	40,132 .
Fichtenholz		34,000	37,379 .
Weißbuchenholz gew. trocken 31,704, sehr getrocknet wahrscheinlich		34,000	37,000 .
Buchenholz		33,811	36,476 .
Eschenholz gew. trocken 30,666, sehr getrocknet wahrscheinlich		33,000	35,449 .
Rüsternholz	Auf einem Ofen stark getrocknet.	30,205	34,083 .
Eichenholz		29,210	32,000 .

Zusatz 4. Durch das Verkohlen verlieren die Holzarten einen grossen Theil ihres Vermögens, Wärme zu erzeugen, und zwar nach Rumf. Versuchen 42. p. C. derselben.

248. Das Vermögen eines Körpers, zu einer höheren Temperatur aufgeregt zu werden, und diese Erregung durch sich zu verbreiten, heißt Wärmeleitungsfähigkeit, und der Körper wird dadurch ein guter oder schlechter Wärmeleiter.

Zusatz 1. Die Metalle sind vorzüglich gute, Wolle, Haare, Federn, Oele, Harz u. dgl., schlechte Leiter. Nach Ingenhousz's Versuchen folgen sie auf einander wie Silber, Kupfer, Gold, Zinn, Eisen, Stahl, Bley.

Böckmanns viel Zutrauen verdienende Versuche hingegen geben die Leitungsfähigkeit der Metalle in einer ganz andern Ordnung, nämlich:

Wismuth	=	1000	Silber	=	439
Spießglanz	=	880	Nickel	=	418
Bley	=	833	Zink	=	406.
Zinn	=	652	Kupfer	=	339
Gold	=	455	Eisen	=	305

Zusatz 2. Die Leitungsfähigkeit der Holzarten giebt den Erfahrungen gemäß folgende Reihe: Linden, Tannen, Fichten, Erlen, Föhren, Wintereichen, Birken, Birnbaum, Sommereichen, Ulmen, Zwetschgen, Rothbuchen, Eschen, Apfelbaum, Ebenholz.

Zusatz 3. Die Fortleitung (selbst in Metallen) scheint nicht mit sehr grosser Geschwindigkeit, und in der freyen Luft nicht auf sehr grosse Abstände zu geschehen; denn nach Rumford's Versuchen stieg von 3 Thermometern, welche zwischen 2 Gefäße, deren eines mit beständig kochendem Wasser, das andere mit Eis gefüllt war, in einen kupfernen Stab eingepaßt waren, das erste in der Entfernung von 2 Z. vom kochenden Wasser in 6 Min. von 78° Fahrnh. auf 162°, das zweyte in der Entfernung von 4 Z. auf $132\frac{3}{4}$°, das dritte in der Entfernung von 6 Zoll auf $106\frac{1}{2}$° in 17 Minuten.

Als Biot eine eiserne Stange, in welche er in verschiedenen Abständen Thermometer eingepaßt

hatte, in Wasser von 60° R. brachte, fand er, daß das zweyte ungefähr 22 Z. von dem Wasser entfernte erst nach 10 Stunden afficirt wurde. Als er sie aber im Queckſilber von 82° R. brachte, stieg das 70 Zoll entfernte gar nicht mehr. Eine Wiederholung dieser Versuche mit Eisen und Kupfer in Queckſilber, geschmolzenem Zinn und Bley gab immer dieselben Resultate.

Zusatz 4. Ueber das Leitungsvermögen derjenigen Stoffe, welche zu der gewöhnlichen Bekleidung gebraucht werden, giebt Rumford aus seinen Versuchen, welche er mit ihnen in geschlossenen gläsernen Gefäßen angestellt hat, die Reihe: feine Leinwand, Baumwollenzeug, rohe Seide, Biberhaare, Eiderdunen, Hasenpelz. Sennebier hingegen giebt aus seinen in der Luft angestellten Versuchen die Stuffenfolge: Seide, mittelfeine Leinwand, Baumwollenzeug (Basin), Wollenzeuge, lockere Baumwolle, astrachanisches Lämmerfell mit einwärts gekehrten Haaren, Eiderdunen. Durch grössere Dicke wird viel, aber durch die doppelte nicht das Doppelte gewonnen u. s. w.

Zusatz 5. Daß das Wasser kein absoluter Nichtleiter der Wärme ist, wie Rumford behauptet, haben verschiedene Physiker, besonders Thomson und Parrot dargethan.

249 Die Verbreitung des Wärmeprincipes nach aussen geschieht allseitig, und zwar so, daß die Intensität der Wirkung im umgekehrten Quadratverhältnisse der Entfernungen steht. Versuche mit einer glühenden Kugel, welche zwischen Thermometern aufgehangen ist u. dgl., weisen diese Behauptung, die

schon aus der gegebenen Ansicht der Sache hervorgeht, auch in der Erfahrung nach.

Zusatz 1. Nicht alle Körper strahlen die Wärme gleich stark aus, wie dieß Rumford's Versuche darthun. So fand Rumford, daß unpolirte Körper mehr ausstrahlen als polirte, selbst wenn sie mit Wasser umgeben sind.

Zusatz 2. Scheele hatte schon bemerkt, aber Pictet die Erfahrung am richtigsten dargestellt, daß die strahlende Wärme von einem Hohlspiegel auf den andern reflectirt werde. Die zwischen den Spiegeln befindliche Luft wird dabey wenig oder gar nicht erwärmet, obschon in dem zweyten Spiegel sehr große Wärmeerscheinungen hervorgebracht werden. Nachweisung durch Versuche.

250. Da die Wärmeerscheinungen hervorgebracht werden durch die Befreyung des expansiven Factors, so kann dieß geschehen a) unmittelbar α) mechanisch durch wiederholten Druck oder Stoß, vorzüglich in der Reibung, oder β) chemisch durch Veränderung des Grundverhältnisses der Urfactoren, b) mittelbar durch sogenannte Mittheilung (244. Zus. 3.).

Zusatz 1. Ein Eisen wird durch bloßes Hämmern rothglühend. Leicht schmelzbare Körper zerfliessen durch Reibung, brennbare Körper entzünden sich. Rumford erhitzte bey dem Bohren eines Stückes von einem Sechspfündner theils beym Zutritte der Luft, theils ohne denselben durch die bloße Reibung in $2\frac{1}{2}$ Stunden Wasser bis zum Kochen u. s. w.

251. Da alle Materie als Contraction und Expansion erscheint, so müssen alle Stoffe der Erwärmung

mung fähig seyn, und, so lange sie Materie sind, die Erscheinungen der Wärme unerschöpflich geben. Die Wärmemessungen können daher auch nie von oder zu einem absoluten Wärmegrade gehen, sondern immer nur einen relativen Zustand anzeigen, und ein Körper erscheint uns daher nur warm, in so weit er wärmer ist, als unsere Hand u. s. w., allgemein also warm im Verhältnisse eines Zustandes, den wir willkührlich angenommen haben.

Es versteht sich von selbst, daß Kälte nur der Gegensatz der Wärme ist, in Beziehung auf unsern eigenen, oder den zum fundamentalen Punkte angenommenen Wärmezustand eines andern Körpers.

Zusatz. Wir bedürfen daher keines eigenen Kälteprincipes, und wenn auch Rumford einige Male von Emanationsfrigorifiques spricht, so geschieht es wahrscheinlich nur des bequemern Ausdruckes wegen.

252. Es ist schon oben (241.) bemerkt worden, daß die Ausdehnung durch die Erregung des Wärmeprincipes bis zu der Veränderung der Form der Aggregation fortschreiten kann. In dieser Hinsicht ergeben sich a) für feste Körper die Phänomene des Schmelzens, b) für tropfbar Flüssige α) des Verdunstens, β) Siedens, γ) Verdampfens, und c) für beyde der Gassation.

253. Jeder Uebergang eines festen Körpers zu der tropfbar flüssigen Form durch Wärme heißt Schmelzen. Je nachdem einige Körper kleinere oder grössere Wirkung des Wärmeprincipes nothwendig haben, um zum Schmelzen gebracht zu werden, heissen sie leicht oder streng flüssige. Bey jeder Schmelzung hat aber

sowohl eine Erhöhung der Temperatur, als der Capazität zugleich Statt, indem jene das Schmelzen veranlaßt, diese aber nothwendige Bedingung der neuen Form ist. Daher bey vielen Körpern das schnelle Zurückgehen zu der festen Form, wenn sie einer fortdaurenden grössern Capazität nicht fähig sind, z. B. bey den Metallen.

Zusatz 1. Die Schmelzgrade sind

bey Butter	. . . .	20° Reaum.
; Phosphor	. . . .	32 ; ;
; Schwefel	. . . .	92 ; ;
; Zinn	. . . .	167 ; ;
; Bley	. . . .	228 ; ;
; Kupfer	. . . .	1621 ; ;
; Gold	. . . .	1853 ; ;
; Eisen	. . . .	7527 ; ;
; Platina	. . . .	13896 ; ;

Zusatz 2. Die Schmelzbarkeit einiger Körper wird durch gewisse Zusätze, welche man Flüsse nennt, erhöht. Dergleichen sind Flußspath, fixe Alkalien, Borax u. s. w. — Beaume's schneller Fluß u. dgl.

254. Merkwürdig sind die Phänomene, welche sich bey dem Schmelzen des Eises darbiethen. Mischt man dem Gewichte nach gleich viel Schnee von 0° Reaum. und Wasser von + 60° miteinander, so schmilzt der Schnee ganz, und die Temperatur der Mischung ist 0°. Hätte man anstatt Schnee Wasser von 0° Reaum. genommen, so hätte die mittlere Temperatur (344. Zus. 3.) $= \frac{C + c}{2} =$ 30° seyn müssen. Da aber hier nichts vorgegangen ist, als die Schmelzung des Schnees, so sind die 60° des Wassers dazu verwendet worden, und es wird daher,

um ein ℔. Eis zu schmelzen, eben so viel Wärme erfordert, als, um ein ℔. Wasser von o auf 60° zu bringen.

Mengt man hingegen zu 1 ℔. Schnee von — 10° Reaum. $\frac{1}{6}$ ℔. Wasser von 0°, so gefriert die ganze Masse, und erhält die Temperatur o. Daher ist hier die Temperatur des Schnees um 10 Grade gestiegen, und die des Wassers die nämliche geblieben, folglich hat das Wasser so viel Wärme hergegeben, als nothwendig war, um — 10° des Schnees aufzuheben, oder um 6mal so viel von 0° auf + 10° zu erheben.

Aus dieser Erfahrung geht hervor, daß die Veränderung der Form der Aggregation einen bestimmten Grad der Erregung des Wärmeprincipes erfordere.

Zusatz. Aehnliche Veränderungen gehen auch bey andern Substanzen vor. Allein man kennt die Gesetze nicht, nach welchen sie erfolgen.

IV.

Ausdehnbare Form.

a. Dünste.

255. Tropfbar flüssige Körper, wenn sie in offenen Gefäßen der Luft ausgesetzt sind, verlieren an ihrer Quantität, ohne daß man den Verlust anders, als durch die Verminderung des Gewichtes gewahr werden kann. Diese Operation der Natur und Kunst heißt Verdünstung, und Dunst daher alles, was unsichtbar aus den tropfbar flüssigen Körpern in die Atmosphäre übergeht, so lange es unsichtbar in derselben bleibt.

Zusatz 1. Die Luft ist übrigens dazu nicht unumgänglich nothwendig, wie dieß die Verdünstung im leeren Raume der Luftpumpe und des Barometers zeigt. Vielmehr hindert nicht selten der Druck der Luftdie Verdünstung.

Zusatz 2. Carradori hatte behauptet, alle fetten und fixen Oele seyen keiner Verdünstung fähig. Parrot läugnet diese Behauptung gegen Carradori und Heinrich, welcher Carradori's Meynung beygetreten war.

Heinrich zeigt aber in seinem classischen Werke über die Phosphorescenz der Körper, daß auch hier die Wahrheit in der Mitte liege, und das, was in die Luft übergeht, nicht Oehl, sondern durch eine vorhergegangene Zersetzung des Oeles flüchtig gewordene Bestandtheile desselben seyen.

256. Ich unterscheide mit Parrot zweyerley Arten der Dünste. Parrot nennt sie physische und chemische Dünste; Knogler vielleicht besser Dünste der ersten und zweyten Art. Jene setzen als Entstehungsursache Erhöhung der Temperatur, nicht immer diese, voraus.

257. Die physischen Dünste (D. d. erster Art) sind durch Wärmeprincip ausgedehntes tropfbar Flüssiges, ohne daß zu der Entstehung derselben das Daseyn eines andern Stoffes (z. B. atmosphär. Luft) nothwendig vorausgesetzt werden müßte. Dieß beweisen

a) die frankliniſche Röhre, in welcher der gefärbte Weingeist unsichtbar aus der durch die Hand erwärmten in die kalte Kugel übergeht, und in dieser wieder zu der tropfbar flüssigen Form zurückkehrt.

b) Das Fallen eines empfindlichen Thermometers, wenn Wasser, Weingeist oder Aether, mit welchem seine Kugel befeuchtet ist, verdünstet.

c) Wasser gefriert nach Wilke unter der Luftpumpe in einem dünnen Glase, welches mit Baumwolle umgeben und mit Aether befeuchtet ist.

d) Leslie und nach ihm Configliachi brachten unter gleichen Umständen Wasser zum Gefrieren, dessen Dünsten sie als hygroskopische Substanz concentrirte Schwefelsäure entgegen brachten.

*) Parrot erkältete feuchte atmosphärische Luft unter den Eispunkt, und erhielt einen bis zu 0° wachsenden wässerigen Niederschlag, der bey — 13° Reaum. als feiner Reif erschien, und bey erhöhter Temperatur auch wieder verschwand.

Zusatz. Daher muß jedes auf diese Art ausdünstende Flüssige Kälte erzeugen. Deßwegen werden Getränke in Flaschen abgekühlt, wenn man sie in die Erde vergräbt, und darauf Feuer brennt, oder mit nasser Leinwand umwunden der Luft aussetzt. Daher das Abkühlen der Zimmer durch aufgespritztes Wasser, die Wirkung der maurischen Gefäße aus sehr poröser Erde u. s. w.

258. Bey der Entstehung der Dünste äußern sich (entweder als mitwirkende Ursache oder als Folge) immer Erscheinungen der Elektrizität.

a) Volta und Seauffure fanden, daß glühende Köper, auf welche man Wasser gespritzt hatte, nach der Verdünstung — E zeigen. Nur Eisen und Kupfer machten (wahrscheinlich wegen der durch die grosse Oxydabilität dieser Metalle veranlaßte Zersetzung des Wassers) Ausnahmen von dieser Regel.

b) Wenn Volta ein Zimmer mit Dünsten anfüllte, fand er eine elektrische Flasche + elektrisch, und schrieb diese Wirkung der Zersetzung der Dünste zu.

259. Es giebt aber außer dieser Art der Verdünstung noch eine andere, bey welcher nicht durch das Wärmeprincip, sondern durch einen andern Stoff die Ausdehnung des Wassers zu der ausdehnbaren Form hervorgebracht wird. Diese Dünste heissen nach Parrot chemische (d. zweyter Art). Wenn es nemlich Dünste

giebt, welche ohne Veränderung der Temperatur durch Wirkung eines andern Stoffes entstehen, und durch die Entziehung desselben zersetzt werden, so muß ihr Entstehungsgrund in ihrer Verbindung mit diesem Stoffe gesucht werden.

260. Parrot's Versuche haben diese zweyte Art der Dünste dargethan; denn

a) Phosphor in gleichviel feuchte und trockene Luft bey einer Temperatur von 15° Reaum. gebracht, verursachte in der ersten einen grauen Dunst und starken Niederschlag, der Phosphor hatte sich in beyden zu Phosphorsäure umgeändert, und die zurückgebliebene Luft war Stikstoffgas. Die Zersetzung der Dünste geschah in der feuchten Luft geschwinder, und die Verminderung des Volumens war in ihr um $\frac{1}{34}$ gröfser, als in der trockenen. Die Temperatur blieb immer + 15°.

b) In einige Flaschen, welche mit feuchter Luft gefüllt waren, brachte er einige Fliegen. Es entstand ein Niederschlag, aber ohne Fliegen keiner.

c) In eine mit künstlich befeuchteter Luft gefüllte Flasche brachte er Eine Fliege, in eine mit natürlich feuchter Luft gefüllte 5 Fliegen. Ohne Veränderung der Temperatur entstand in der ersten Flasche ein nochmal so grosser Niederschlag.

d) Wachskerzen in cubischen Kasten von Blech $1\frac{1}{2}$ Fuß in's Gevierte, von welchen einer mit künstlich befeuchteter, der andere mit trockener Luft gefüllt war, gaben bey gleicher Dauer des Brennens (28 Minuten) einen Niederschlag, aber in jener einen ungefähr zweymal so groffen, als in dieser.

e) Eine Flasche mit reinem Stikgase, auf eine mit feuchter atmosphärischer gebracht, verursachte in der zweyten ohne Veränderung der Temperatur einen Niederschlag. Brauchte er anstatt atmosphärischer Luft Sauerstoffgas, so war der Niederschlag schneller und stärker. In beyden Fällen verschwand der Niederschlag nach einigen Stunden wieder.

f) Endlich brachte Parrot die von den obigen Versuchen (a bis e) zurück gebliebene Luft von + 15° auf — 13° Reaum., und es entstand ein Niederschlag bis zu 0°, nahm aber unter 0 bis auf — 13° nicht mehr zu, sondern setzte sich als Reif an, und verschwand wieder bey + 15°. Die Quantität war der im Versuche 257. e erhaltenen gleich, aber ungefähr $\frac{1}{10}$ von der in den so eben aufgezählten Versuchen erhaltenen Quantität.

Aus diesen Versuchen geht hervor, daß Dünste sich niederschlagen bey der Desoxydation der Atmosphäre, daß sie also da gewesen sind durch den Sauerstoff derselben, und die Verdünstung in einigen Fällen ein eigenthümlicher Oxydations-Prozeß des Tropfbarflüssigen ist.

261. Uebrigens wirkt zu der Verdünstung, sie mag der ersten oder zweyten Art seyn, das Sonnenlicht mit. Prof. Hellers Erfahrungen weisen die Behauptung auf eine entscheidende Art nach. Er beobachtete zwey correspondirende Thermometer, welche an dem nämlichen Gestelle, aber eines in der Luft, das andere in Wasser eingetaucht waren. Untersuchte er die Kälte, welche durch die Verdünstung eines Tropfen Wassers, der an der Kugel des aus dem Wasser gezogenen hängen blieb, verursacht wurde, so

fand er so viele Verschiedenheiten, daß er sie mit keinen hygrometrischen Wirkungen vereinigen konnte. Dagegen stimmten seine Beobachtungen bey gleich heiterm Sonnenscheine überein. Wahrscheinlich wirkt das Sonnenlicht nicht nur durch Wärmeerregung zu der Entstehung der physischen, sondern auch durch Erhöhung der Affinität des Sauerstoffes zu dem Wasser zu der Entstehung der chemischen Dünste.

Zusatz. Daher baut man die Gradirhäuser gegen die Sonne. Die Sohle verdünstet an sonnenreichen Tagen am meisten, die Nebel verschwinden vor der Sonne, und dauren lange an trüben Tagen u. s. w.

262. Die Verdünstung ist aber keine Wirkung einer chemischen Auflösung, sondern nur eine Lösung; denn a) die Atmosphäre bleibt nach wie vor zu allen chemischen Operationen tauglich, und das Verhältniß ihrer Bestandtheile das nämliche. b) Daß das Wasser nicht aufgelöst werde, beweist das Nichtdaseyn des Wasserstoffgases in der Atmosphäre, und die Gewinnung des verdünstenden Wassers aus den Dünsten entweder durch Verminderung der Temperatur, oder durch Entziehung des Sauerstoffgases, wie in Parrot's Versuchen. (260.)

263. Man hat vermuthet, daß alle Dünste zuvörderst physische seyen, diese aber erst übergehen zu chemischen. Allein das bekannte Ausdünsten des Eises, die Erkältung der ausdünstenden Körper durch die Winde, das Nichtwachsen des Niederschlages aus physischen Dünsten unter 0° in Parrot's Versuchen (257. e. 260. f.), die unmittelbare Zersetzung der chemischen Dünste ganz unabhängig von der Zersetzung der physischen, die Nichtveränderung der

Temperatur u. s. w. sprechen für das unvermittelte Entstehen auch der chemischen Dünste.

264. Gegen die Annahme der chemischen Dünste scheint zu stehen, daß a) in der luftvollen franklinischen Röhre, wenn die Flüssigkeit in beyde Kugeln gleich vertheilt ist, kein Uebergang aus einer in die andere Kugel bemerkt wird, und die Luft daher die Entstehung der Dünste sogar hindere, hingegen b) selbst im luftleeren Raume (257. c. d.) Dünste entstehen.

Allein die erste Erfahrung beweiset nur, daß die eingeschlossene, immer über der Flüssigkeit stehende, folglich schon mit Dünsten gesättigte Luft keine neuen aufzunehmen vermag, wenn nicht die schon vorhandenen zuerst durch Kälte niedergeschlagen sind. Daher ist die Erscheinung die nämliche auch in der luftleeren Röhre, wenn beyde Kugeln gleich erwärmet werden, und die Entstehung der Dünste hat auch in der luftvollen statt, wenn nur die Differenz der Wärmeerzeugung in beyden Kugeln hinreichend groß ist. Die zweyte Erfahrung beweist nur, daß im luftleeren Raume physische Dünste entstehen, welches um so erklärbarer ist, als der ausdehnende Factor durch das Aufhören des Luftdruckes weniger beschränkt ist, eine ausgedehntere Form seiner Natur gemäß darzustellen.

c) Daß hygroskopische Substanzen unter der Luftpumpe immer weniger Feuchtigkeit zeigen, je mehr die Luft verdünnet wird, hat seinen Grund offenbar darin, daß mit der Luft auch die in ihr enthaltenen Dünste weggeschafft worden sind, die hygroskopischen Substanzen also weniger afficirt werden, nicht aber, daß sie nun mehr verdünsten.

265. Die immer abnehmende Feuchtigkeit in der Atmosphäre hatte die Meinung veranlaßt, daß die aufgestiegenen Dünste aërisirt würden. Man kann aber wohl nicht begreifen, in welche Luftarten das Wasser übergehen soll. Die Erfahrung weiset wohl nach, daß das Wasser in Wasserstoff- und Sauerstoffgas zersetzt werde. Allein diese Behauptung widerspricht der oben (262.) angezeigten Erfahrung, daß die Verdünstung nur eine Lösung sey. Zudem hat es selbst de Luc nicht gewagt, diese Behauptung aufzustellen. Man wollte vielmehr glauben, das Wasser ändere sich in atmosphärische Luft um. Allein bey dieser Hypothese verläßt uns alle Erfahrung, und nie ist so eine Veränderung nachgewiesen worden. Es ist zwar das respective Gewicht der Dünste zu dem der atmosphärischen Luft nach Seaussure = 10 : 14; demohngeachtet steigen doch die Dünste in die Atmosphäre nicht bloß durch ihr kleineres respectives Gewicht, sondern vielmehr durch die ihnen zukommende Eigenschaft eines ausdehnbaren Stoffes. Wie könnten sie sonst im luftleeren Raume steigen? — Daß feste Körper in tropfbar flüssigen durch ihr kleineres respectives Gewicht steigen, giebt keine Analogie für die Dünste, sonst müßten auch die Gasarten nach ihrem verschiedenen respectiven Gewichte sich schichtenweise übereinander lagern. Zudem müßten die Dünste, weil sowohl ihr eigenes als der Atmosphäre respectives Gewicht in der Entfernung von der Erde immer abnimmt, bis an die Gränze der Atmosphäre steigen. Endlich scheint aus Seaussure's Erfahrungen hervorzugehen, das respective Gewicht der Dünste stehe im Verhältnisse der Flüchtigkeit der Verdünstenden. Stiegen daher die Dünste bloß durch ihr klei-

neres respectives Gewicht, so würden sie sich getrennt über einander setzen. Dann müßten aber, wie Seaussure selbst bemerkt, die Dünste der am wenigsten flüchtigen Erden, Metalle u. dgl., die obersten Schichten unsers Luftkreises einnehmen, welches wohl Niemand zugestehen wird.

266. Sind aber die Dünste einmal in der Atmosphäre, so existiren die physischen und chemischen Dünste unabhängig von einander, weil sie in Parrot's Versuchen unabhängig von einander entstanden, und eben so unabhängig von einander, und zwar in der nämlichen Quantität zersetzt werden. (260. f. 263.)

267. Kommen die Dünste in Berührung eines Körpers, so werden die physischen zersetzt, wenn er kälter als sie ist, die chemischen aber, wenn er grössere Affinität zu dem Sauerstoff hat, als das Wasser, und beyde, wenn er grosse Affinität zu dem Wasser hat.

268. Hat ein solcher Körper die Eigenschaft, die Quantität der Dünste nicht nur überhaupt, sondern die verschiedenen Quantitäten auch theilweise anzuzeigen, so heißt er, wenn ihm eine dazu passende Einrichtung gegeben wird, ein Hygrometer.

Zusatz 1. Man hat schon eine Menge Körper zu Hygrometern benützt, aber weil theils die fixen Punkte des Fundamentalabstandes der größten Trockenheit von der größten Feuchtigkeit nicht zu bestimmen waren, theils weil die Anzeigen nicht im genauen Verhältnisse der Feuchtigkeit wachsen und abnehmen, noch keine ganz zureichend gefunden, theils „muß die Verwandtschaft der hygroskopischen Sub-

„stanz, wie Soldner bemerkt, durch die Tempera„tur, und andere Umstände modificirt werden, wel„ches allerley Reductionen nothwendig macht, welche „die Sache ganz unsicher machen.“

Zusatz 2. Man verfertigte Hygrometer aus Häuten und Fischblasen, die man mit Queckſilber füllte. — Seauſſure gebrauchte ein ausgelaugtes Menschenhaar (Haarhygrometer) — De Luc schaffte sich eines aus Fischbein, dann aus Elfenbein, und verwarf sie beyde wieder. — Hemmer in Mannheim verfertigte Federkielhygrometer. — Lambert seines besteht aus einer ausgelaugten Darmsaite. Heinrich bediente sich derselben bey seinen seit 50 Jahren fortgesetzten meteorologischen Beobachtungen.

Zusatz 3. Verschiedene andere Einrichtungen findet man häufig in den Schriften der Physiker.

269. Die Grösse der Verdünstung wächst gemäß den Ansichten, welche bis jetzt davon gegeben worden sind, mit

a) der Temperatur,

b) der Oberfläche des ausdünstenden Körpers,

c) des Luftwechsels,

d) des Sonnenlichtes.

Zusatz 1. Daher a) grössere Verdünstung im Sommer, als im Winter, an einem heissen Tage grössere, als an einem kalten. b) Die Wirkung der Gradirhäuser, c) die trocknende Kraft der Winde, Wirkung des Montgolfier'schen Centrifugalventilators, Gay Lussac's Erfahrungen, daß die Verdünstung der Salpetersäure, des flüssigen salzsauren Kali, des Zinkes u. s. w. ohne Luftwechsel bald unterbrochen

werden, Ermanns Erfahrung, daß Wasser von 84° in einem kalten Zimmer ungleich mehr verdünste, als in einem warmen. d) Hellers (261.) angeführte Beobachtungen.

Zusatz 2. Nach Daltons Erfahrung war in einem Gefäße von $3\frac{1}{4}$ Zoll Weite und $2\frac{1}{2}$ Zoll Tiefe bey 212° Fahrenh. die Verdünstung in 1 Minute

bey vollkommen ruhiger Luft . . .	30 Grane
bey mässigem Zuge	35
bey starkem Zuge im Camine . . .	35 — 40
bey heftigem Winde und offenen Fenstern	40 — 45
bey offener Luft und starkem Winde wahrscheinlich . .	50 — 60
bey 180° Fahrenh.	18 — 20
" 164° " "	10 — 16
" 152° " "	8 — 12
" 144° " "	6 — 8
" 138° " "	4 — 6

Indessen sind diese Versuche sehr unbestimmt, weil weder auf die Temperatur der Luft Rücksicht genommen, noch eine fixe Grösse für den Luftzug statuirt ist.

Zusatz 3. Ermanns weitere Erfahrungen zeigen, daß die Grösse der Verdünstung von 15 zu 15 Minuten sehr verschieden ist. Er fand in 4 solchen unmittelbar aufeinander folgenden Zeittheilchen, sowohl im Sommer als Winter, einen Unterschied von 7 engl. Granen, ohne daß Barometerveränderungen oder Elektrizität dazu beytragen konnten.

270. Die Grösse der Verdünstung wird durch sogenannte Atmometer (Atmidometer, Evaporatorien) gemessen. Für die Bestimmung derselben in einer

längern Zeit dient jedes Gefäß dazu. Um sie für sehr kleine Zeiten zu bestimmen, muß man sich kleiner Gefäße an empfindlichen Waagen bedienen.

Zusatz. Richmanns Anrichtung zu diesem Zwecke. — Es ist übrigens sicherer, die Verdünstung nach dem Gewichte des Verdünsteten, als nach dem cubischen Inhalt zu bestimmen.

271. Die Quantität der in jedem Jahre aufsteigenden Dünste ist ungeheuer, und beträgt im Mittel so viel, als eine Wassersäule, welche die ausdünstende Oberfläche zur Basis, und eine Höhe von 2,5 Fuß hat. Daher beträgt die Ausdünstung der Meere, welche mehr als 6000000 □ Meilen auf unserer Erdoberfläche einnehmen, mehr als 13000 Billionen Cubik-Fuß Wasser. Dazu kommen noch die Ausdünstungen der Flüsse, Seen, Thiere u. s. w.

Zusatz. Es ist für sich offenbar, daß sich die Quantität dieser Verdünstung nach der geographischen Lage, der Jahreszeit u. s. w., immer verändern müsse.

272. Diese ungeheure Menge von Wasser, welches als Dunst in die Atmosphäre steigt, ist der Entstehungsgrund der (sogenannten wässerigen) Meteore.

α. Wolken und Nebel.

273. Da die atmosphärische Luft als solche immer durchsichtig bleibt, so muß die Ursache in den Dünsten liegen, wenn eine Stelle der Atmosphäre undurchsichtig, und eben deßwegen sichtbar wird. Aber auch die Dünste als solche in ihrer vollkommen ausdehnbaren Form sind (255.) unsichtbar. Daher muß eine Veränderung in ihrer Form vorgehen, wodurch

sie sichtbar werden, und das bilden, was wir in höhern Regionen Wolken, an der Erdoberfläche aber Nebel nennen. Diese Veränderung kann nur ein Zurückgehen zu einer grössern Contraction seyn. Aber doch auch nicht zur wirklichen tropfbar flüssigen Form, weil sonst das specifisch schwerere Wasser durch die Atmosphäre herabfallen, also jede Wolke regnen müßte. Weil aber die Wolken sich im allenthalben begränzten Raume darstellen, so muß das Wasser in denselben in einem Zustande da seyn, durch welchen es bey der nämlichen Masse ein grösseres Volumen hat, muß in der Atmosphäre (ungefähr wie eine metallene Kugel im Wasser) schwimmen, d. i. die Blasenform annehmen.

Zusatz 1. Die Erfahrung, welche Seauffure zuerst gemacht hat, daß aus siedendem Wasser, in welches man eine schwarze Flüssigkeit gegossen hat, ausserordentlich kleine weisse Kügelchen aufsteigen, die an der Sonne mit freyen, und noch mehr mit bewaffneten Augen wahrgenommen werden, und b) die in einem Nebel oder (auf Gebirgen) in Wolken allgemein beobachteten schwimmenden Wasserkügelchen begründen das obige Raisonnement.

Zusatz 2. „Der in der Luft enthaltene Wasserdunst, sagt Humboldt, tritt in sichtbare Bläschen „zusammen, deren Gruppirung wir mit dem Worte „Wolken bezeichnen."

274. Ursache dieser anfänglichen unvollkommenen Zersetzung der Dünste kann alles seyn, was immer im Stande ist, die ausdehnbare Form der Dünste aufzuheben, als Erniedrigung der Temperatur, Entziehung

ziehung des Sauerstoffes u. s. w. ohne im Stande zu seyn, sie in die tropfbar flüssige Form unmittelbar hinüber zu tragen.

Zusatz. Immer bleibt es aber unmöglich, die bestimmte Entstehungsursache einer bestimmten Wolke anzugeben.

275. Wie die Wolken und Nebel durch anfangende Zersetzung der Dünste entstehen, so verschwinden sie wieder, wenn die Bläschen sich wieder in Dünste verwandeln, welches durch Erhöhung der Temperatur, Einwirkung des Lichtes, Thätigkeitserhöhung des Sauerstoffes u. s. w., geschehen kann.

Zusatz. Daher verschwindet in einem Thale der Nebel zuerst an der von der Sonne beleuchteten Seite. Daher sieht man das Aufsteigen des Nebels mit Recht als einen Vorbothen eines baldigen Regens an u. s. w.

276. Die Entfernung der Wolken von der Erde ist sehr verschieden. Humboldt fand die untere Schichte derselben zu jeder Jahreszeit unter den Tropen immer in einer Entfernung von 615 Toisen, die obere Schichte aber nahe am Aequator in einer Entfernung von 1693 bis 1846. Tois. In Europa fanden Biot und Gay Lussac die Höhe der untern Schichte ebenfalls = 600 Toisen, also der der tiefsten Tropenwolken gleich. „Aber die merkwürdigen kleinen „Flocken, sagt Humboldt, welche das Landvolk „Schäfchen (Lämmerwolken) nennt, sind gewiß 4104 „Toisen über dem Meere erhaben. Wir sahen sie auf „dem Vulcan Antisana noch hoch über uns." Gay Lussac sah sie, als er sich bey seiner zweyten Luft-

fahrt in einer Höhe von 3600 Toisen (333 Toisen höher als der Chimbarazo) befand, noch in einem beträchtlichen Abstande ober sich. Das nämliche erfuhr Sacharow bey seiner Luftreise zu Petersburg. Seaussure sah sie von den höchsten Bergen aus noch so hoch über sich, als wenn er sich ihnen um gar nichts genähert hätte, und Bouguer schätzt ihre Höhe wenigst auf 800 Toisen über den Chimbarazo. — Selbst der Schnee, mit welchem die höchsten Bergrücken bedeckt sind, spricht für eine ungemein beträchtliche Höhe der Wolken. Riccioli giebt die größte Höhe zu 4166 Toisen an. Dagegen stehen Gewitterwolken nicht selten sehr tief (auf 500 bis 600 Toisen), daher man auf Bergen oft die Gewitter unter sich beobachtet.

277. Die Farbe der Wolken hängt von der verschiedenen Afficirung des Sonnenlichtes, und die Gestalt derselben von unberechenbaren Zufällen ab, obwohl die striemenartige Vertheilung der Lämmerwolken (nach Humboldt) für eine Polarität zu sprechen scheint, und Lichtenberg sogar eine parallele, und Achsenbewegung wahrgenommen haben will.

β. Regen.

278. Die Dünste, welche in ihrer Blasenform Wolken und Nebel gebildet haben, zersetzen sich oft noch weiter, gehen dadurch in die tropfbar flüssige Form über, und fallen als Regen herab, welcher nach der Menge und der Geschwindigkeit des fallenden Wassers Staubregen, gemeiner Regen, Platzregen, Wolkenbruch heißt.

279. Daher kann und muß alles einen Regen verursachen können, was die Blasenform der Dunst-

kügelchen verändert, und vollkommene Tropfenform möglich macht. Winde, besonders entgegengesetzte, durch Erhöhung der Temperatur vermehrte Ausdehnung, durch Erniedrigung derselben vermehrte Contraction, Entziehung des Sauerstoffes, und hundert andere, theils mechanische, theils chemische Wirkungen können daher Ursache des Regens seyn.

Zusatz. Grundlos ist die Erklärung des Regens aus einer Verbrennung des Wasserstoffes im Sauerstoff, und eben so wenig befriedigend die von de Luc aus der Aërisation der Dünste hergeleitete Erklärung.

280. Die Quantität des in einem Jahre fallenden Regens ist an verschiedenen Orten verschieden, und hängt von verschiedenen Localitäten ab. Sie wird gemessen nach der Höhe einer Wassersäule auf einem Quadratfuß Oberfläche. In Paris ist diese Höhe im

Mittel aus mehreren Jahren . .	=	20,0
In England nach Dalton . .	=	36,45
In Ulm nach Allwäger . .	=	27,7
In Regensburg nach Heinrich .	=	21,0
Auf dem hohen Peissenberge n. Schwaiger	=	25,0
In Baiern überhaupt (1783 — 1789.)	=	31,197 Zoll.

281. Es ist merkwürdig, daß diese Quantität in höhern Orten kleiner ist, als in tiefern. Heberden fand, daß sich die Mengen des gefallenen Wassers auf der Westmünster-Abtey, auf einem nahe stehenden Hause, und noch $15\frac{1}{2}$ Fuß tiefer zu einander verhielten . . . . . = 5 : 8 : 10,
die auf einem Berge zu der im Thale = 8,165 : 8,765.

Percival beobachtete das Nämliche zu Bath und Liverpool. Bey einem Höhenunterschiede von 18 Yards verhielten sich die Mengen des oben und unten gefallenen Regens zu einander = 1 : 2 = 10 : 20.

Bugge fand 1783 — 1788. bey einem Höhenunterschiede von 120 Fuß das Verhältniß = 1 : 1,3 = 10 : 13.

Howard fand bey einem Höhenunterschiede von 43 Fuß an einem beynahe immerwährenden Regen von 4 Wochen das Verhältniß = 1 : 1,32 = 10 : 13,2, und de la Rochefaucault de Liancourt bey einem Höhenunterschiede von $7\frac{1}{2}$ Fuß in 4 Wochen das Verhältniß = 1 : 1,4 = 10 : 14. Diese Erfahrungen erklären sich leicht daraus, daß die Dünste als ausdehnbare Flüssigkeiten in der Atmosphäre überall verbreitet sind, und daher bey einer Zersetzung derselben die Quantität des entstandenen Wassers mit der Quantität der zersetzten Dünste wachsen muß. Der in einer höhern Region entstandene Regen kann daher in seinem Fallen auch die unter seinem Entstehungsorte befindlichen Dünste bis zu der Oberfläche der Erde herab, theils durch Erkältung, theils durch chemische Verwandtschaft, aus der ausdehnbaren in die tropfbar flüssige Form versetzen.

Zusatz. Indessen ist diese Erfahrung nicht ohne Anomalien, und sowohl Copland als de la Rochefaucault haben das Gegentheil beobachtet. Copland glaubt sogar aus seinen Behauptungen schließen zu dürfen, es sey ein Zeichen eines längern Regens, wenn die untere Regenmenge die obere übersteigt, und umgekehrt. Nimmt man nicht an, daß der aus einer kältern in eine wärmere Region herabfallende Regen

in seinem Fallen wieder zu Dünsten werde, so wird es schwer seyn, eine Erklärung für sie zu finden. „Vermuthlich hängen sie mit dem grossen Geheimnisse „des Regens und schönen Wetters zusammen, wel„ches uns so nahe zu liegen scheint, und uns doch „noch lange verborgen bleiben dürfte."

282. Besondere Arten des Regens sind: die Schwefel-, Blut-, Sandregen u. dgl. Man hat den erstern immer vegetabilischen, den zweyten animalischen Ursprung zugeschrieben. Allein die Umstände, von welchen sie begleitet werden, sind offenbar von der Art, daß es zu voreilig wäre, sie alle auf Eine Classe zu bringen. Vielmehr scheint es, daß der mit dem Regen herabgekommene Stoff zwar gewöhnlich nichts ist, als Blüthenstaub gewisser Pflanzen und zu der nämlichen Zeit hervorgetretene Insecten, aber doch nicht selten auch wirklicher Schwefel und eisenhaltiger Färbestoff gewesen sey. Man kann sich bey den dermaligen Kenntnissen der Naturlehre und Chemie wohl nicht mehr wundern, wenn man sie entweder für die Folge schwefelichter und metallischer Exhalationen, oder für eigenthümliche Producte atmosphärisch-chemischer Operationen hält.

Zusatz. Gelegenheitlich hier von dem sogenannten Steinregen, dessen Producten (Meteorsteinen) man bald einen cosmischen, bald einen tellurischen Ursprung nach vielen verschiedenen Ansichten zuschrieb, welche aber höchst wahrscheinlich nichts sind, als das Product einer wahren Metallbildung aus den durch Verdünstungen, Zersetzungen u. s. w., sowohl der Atmosphäre selbst, als der Erdkörper, frey gewordenen Bestandtheilen derselben, analog und parallel gehend den Sternschnuppen und Feuerkugeln, welche

uns so oft erscheinen. — Weitläuftiger davon in der Vorlesung!

γ. Schnee.

283. Wenn in einer Wolke eine Temperatur unter dem natürlichen Gefrierpunkte des Wassers herrscht, so gefrieren die Theile der Dunstbläschen, und fallen als Schnee auf die Erde herab, wenn er anders in seinem Fallen nicht in eine Temperatur kömmt, welche ihn wieder aufthauen macht, wodurch er sich zu Regen verwandeln würde. Da bey dieser Entstehung des Schnees ein Uebergang von einer ausgedehnteren zu der tropfbar flüssigen und endlich festen Form geschieht, so kann dieses nur geschehen durch Verminderung der Wärmecapazität, folglich Erhöhung der Temperatur.

Zusatz. Daher regnet es oft im Thale, während es auf dem Berge schneiet; daher die Erhöhung der Temperatur vor dem Schneien, und die Behauptung des gemeinen Mannes, es könne vor Kälte nicht schneien; daher das Uebergehen des Regens in Schnee, und umgekehrt, das gleichzeitige Regnen und Schneien u. s. w.

284. Es ist eine bekannte Erfahrung, daß ruhig stehendes Wasser nicht am Gefrierpunkte selbst zu Eis wird, sondern eine Temperatur unter o annimmt, ehe es dazu gebracht wird; daß es aber dann auch durch einen geringen Stoß, oder Berührung mit einem kalten Körper augenblicklich zu der Crystallisation übergeht. Das Nämliche muß wegen ihrer ausgedehnteren Form auch bey den Dunstbläschen eintreten. Daher entsteht Schnee in Gegenden, wo die Temperatur tief unter o° herabgekommen ist. Nach

Humboldt kömmt auf jede 122,6 (nach einer andern Zusammenstellung auf 160,7) Toisen Höhe eine Wärmeabnahme von 1 Reaum.*) Daher ist in der Höhe von 858 (1125) Toisen die Temperatur — 4°, wenn sie an der Erdoberfläche noch + 3° ist. Es sind also in dieser Höhe die Bedingungen zur Entstehung des Schnees vorhanden, welcher in seinem Fallen die unter ihm in der nächsten Disposition zur Crystallisation sich befindenden Dünste gleichfalls dazu determinirt. Da noch in der Höhe von 367,8 Toisen nach der obigen Voraussetzung die Temperatur o ist, so ist's begreiflich, daß aller Schnee, welcher ober 367,8 Toisen entstanden ist, mit einer Temperatur unter o in die ober o erwärmten Regionen herabfalle, und daher auch während seines Falles durch dieselbe nicht über o hinaufgebracht werde, also seine feste Form auch nicht verlieren könne.

Zusatz. Nur selten trifft die angenommene Temperatur + 3° beym Schneien ein, sondern ist gewöhnlich niederer. Um so mehr also wird die gegebene Erklärungsart für die Entstehung des Schnees passen.

285. Die Crystallfigur des Schnees ist, wie die des Wassers überhaupt, sechsstrahlig, so, daß 6 Nadeln (Pyramiden) unter einem Winkel von 60° in der nämlichen Ebene liegen. Die Grundfigur ist aber verschieden verziert und modifizirt, ohne die sechsstrahlige Form zu verlieren. Wilke's schöne und bey niederer Temperatur leicht nachzumachende Versuche mit Seifenblasen versinnlichen die Entstehung

---

*) Nach Gay Lussac schon auf 98 Toisen.

dieser Crystallisation sehr auffallend, indem vom gefrierenden Pünktchen das Wachsen der Sterne zur sechsstrahligen Figur genau wahrgenommen werden kann.

Zusatz 1. Daß bey der Crystallisation des Wassers, so wie überhaupt bey jeder Crystallisation ein regulairer Körper hervorgehen müsse, begreift sich wohl aus der allgemeinen Ansicht der Crystallisation, aber warum sich Wasser gerade sechsstrahlig und in keiner andern Form crystallisire, ist wohl weniger, oder (wenigst bey den dermaligen Kenntnissen) gar nicht auszumitteln. — Vorzeigung der verschiedenen Figuren des Schnees in Kupfern.

Zusatz 2. Die Flocken sind offenbar nur eine Zusammenhäufung von Schneesternchen, welche aber durch besondere Umstände, z. B. Winde, Aneinanderstossen der Sternchen selbst, u. dgl. ihre ursprüngliche Form verloren haben.

Zusatz 3. Seaussure und Ramond fanden in einer Höhe von 1030 Toisen rothen Schnee, und Ramond schreibt diese Farbe einer eigenen Zersetzung des Glimmers zu, weil sie sich zwar auf den Pyrenäen, aber nicht auf dem Montblanc findet. Aber auch die Kalkalpen Oesterreichs, wo sich kein Blättchen Glimmer zeigt, haben rothen Schnee, und es scheint hier die Ursache in der Verwitterung der Flechten zu suchen zu seyn, wodurch sonst auch mehr als 50 Fuß hohe Felsen ganz roth gefärbt werden. Wenn aber schon diese örtlichen Ursachen angenommen werden können, so ist es, wie Ruhland sehr richtig bemerkt, gewiß auch nicht unwahrscheinlich, daß manchmal der Schnee auch schon so gefärbt herab-

falle, wie oben (282.) vom Blutregen bemerkt worden ist.

286. Bekanntlich sind die höhern Gebirge mit ewigem Schnee bedeckt. „Die Höhe der untern „Schneelinie, sagt Humboldt, ist eine der bestimm„testen und unabänderlichsten Erscheinungen, welche „die Natur darbiethet.“ Bouguer bestimmt diese Höhe unter dem Aequator auf 2434 Toisen, Humboldt fand sie aus vielen Messungen 2462 Toiſ. Diese Gränze des ewigen Schnees steigt gegen die Pole hin immer weiter herab. Es fehlt aber noch an bestimmten vielfältigen Messungen.

Sie fällt bey 0° Breite auf 2462 Toiſ. nach Humboldt
" " " 20° " " 2360 " " eben denſ.
" " " 45° " " 1400 " " Seauſ. u. Raim.
" " " 62° " " 900 " " v. Buch
" " " 65° " " 482 " " Ohlſen.

Zuſatz 1. Die mittlere Temperatur, bey welcher ewiger Schnee beginnt, ist unter dem Aequator (nach Humboldt) + 0,3° Reaum., in der gemäſſigten Zone (nach Pictet) — 3,7°. In Norwegen ist sie — 3,45°, in der Schweitz — 4°.

Zuſatz 2. Das Schmelzen eines Theiles des ewigen Schnees, und das Gefrieren des entstandenen Wassers erzeugt die Gletscher. In den Aequinoctial-Ländern fehlen sie (wie Humboldt bemerkt) ganz, weil in denselben nie sehr viel Schnee auf einmal fällt, und die Lufttemperatur jeder Höhe daselbst constant ist.

287. Es ist eine allgemeine Meinung, daß der Schnee die Fruchtbarkeit der Erde vermehre, und Hassenfratz schreibt die Ursache einem gröſſern Sauer-

stoffgehalte zu. Allein La Croix's chemische Analyse des Schneewassers hat gezeigt, daß die aus dem Schnee während des Schmelzens entweichende elastische Flüssigkeit nur 0,23 Sauerstoff enthält, und Carradori fand, daß ein Fisch, welcher in Schneewasser gebracht wurde, welches mit Oel bedeckt wär, beynahe augenblicklich starb. Aehnliche Versuche zeigten, daß Schneewasser selbst weniger Sauerstoff absorbire, als Brunnenwasser. Auch keimten Gerste, Haber, Salat, Kohlpflänzchen im Schneewasser, welches mit Oel bedeckt war, eben so wenig, als im Brunnenwasser. —

Indessen wirkt der Schnee der allgemeinen Erfahrung nach als schlechter Wärmeleiter, um die Erde vor zu grosser Erkältung zu bewahren, und bey seinem Aufthauen durch gleichförmige und langsame Befeuchtung zu befruchten.

8. Hagel.

288. Seltener, aber gewöhnlich sehr schädlich ist die dem Schneien ähnliche, und doch so verschiedene Erscheinung des Hagels, welcher entweder Graupenhagel, oder Schauerhagel (Schlossen) ist. Die Graupen erscheinen wie Kügelchen von zusammengeballtem Schnee. Die Schlossen hingegen sind bald eine vollkommene Eismasse, bald mit Eis überzogene Graupen. Ihre Grösse ist sehr verschieden, die Dauer dieses Phänomens nie lange, und ihre Form immer der Kugelform nahekommend. Es ist merkwürdig, daß es in der Nacht (bey uns) nur selten, im Winter nie hagelt, und es scheint, als gehöre dem Winter die Formation des Schnees, dem Frühlin-

ge die der Graupen, dem Sommer die des Hagels an.

Zusatz 1. „Am Abhange der Andeskette, sagt „Humboldt, vorzüglich in 1539 Toisen Höhe bildet sich häufiger Hagel, wobey die Luft oft „und auf lange Zeit negativ elektrisch geladen ist. „Höher als 1795 Toiſ. werden die Explosionen seltener. Der Hagel fällt dort ohne Gewitter, und „über eine Höhe von 2000 Toisen hinaus fällt er mit „Schnee vermengt, und, was am auffallendsten ist, „selbst mitten in der Nacht."

Zusatz 2. v. Buch hatte auf seiner Reise in Lappland zweymal Gelegenheit, Hagel unter ganz besonderen Umständen zu beobachten. Das Thermometer stand beynah auf 10° Reaum. und der Himmel war ausser wenigen lichten Wolken heiter. Plötzlich trat eine schwarze Wolke hervor, aus welcher der Hagel weniger als eine Viertelstunde lang fiel. Die Sonne schien bald wieder hell, und das Thermometer stand auf 8° Reaum. Die Körner fielen Erbsen groß mit zischendem Geräusche in das Wasser, waren feste Eiszapfen, alle birnenförmig gestaltet, mit den Spitzen nach oben, und mit concentrischen Schalen um die untere dickere Hälfte.

289. Alle Erfahrung zeigt, daß bey einem Hagel grössere elektrische Spannung eintrete. Man unterließ nicht, die Elektrizität selbst als die Ursache der Hagelerzeugung anzusehen. Aber Gren sagt ganz richtig, es sey gar nicht gewiß, ob Elektrizität Folge oder Ursache des Hagels ist, und Wrede und Weiß sprechen ihr geradezu allen Einfluß auf Hagelbildung gänzlich ab. Volta hingegen sucht sie wenigst als

mitwirkende Ursache beyzubehalten. Volta glaubt nämlich, durch mehrere zusammentreffende Umstände als a) starken Sonnenschein, b) trockene Luft in den höhern Regionen, und ihre Strömungen, c) Anhäufung von Elektrizität werde die obere Fläche einer Wolke verdünsten, und sich in einer höhern Region neuerdings zu Dunstbläschen condensiren. Die durch diese Verdünstung verursachte Kälte könne so groß seyn, daß die in der Wolke zurückgebliebenen Dunstbläschen sich in Schnee verwandeln könnten. Zugleich wäre durch die Verdünstung die obere Schichte der ursprünglichen Wolke negativ, die neuentstandene aber positiv geworden. Dadurch würden die entstandenen Schneetheilchen von der untern Wolke als gleichnamig zurückgestossen, von der oberen angezogen, und umgekehrt. Bey ihrem Hin- und Hergehen treffen sie auf kleine zwischen den beyden Wolken liegende Wölkchen und Dünste, mit deren Wasser sie sich überziehen, es zum Gefrieren bestimmen, und so immer grösser werden. Ist die Elektrizität erschöpft, oder hat sich eine Wolke in die andere entladen, oder sind die Hagelkörner für die Anziehung der obern Wolke zu groß geworden, so fallen sie endlich durch die untere Wolke herab.

Allein a) das Sonnenlicht wirkt in der Höhe sehr wenig, und kann selbst in einer Höhe von 200 Toisen nicht einmal den Schnee zum Schmelzen bringen, was wird sie in der Höhe von 1739 bis 2000 Toisen wirken? — (288. Zus. 1.)

b) Die Trockenheit der Luft ober der Wolke, welche als verdünstend gedacht wird, läßt sich nicht wohl annehmen. Zudem denkt sie Volta selbst wieder feucht, wenn sich die Hagelkörner vergrössern sollen.

c) Die Voraussetzung positiver und negativer Wolken ist, wie wir in der Folge sehen werden, vielen Zweifeln unterworfen. Wenigst müßten sie, um die elektrische Differenz als fortdaurend zu denken, in einer Entfernung von 100 Fuß von einander angenommen werden. Dann erhalten sie aber

d) in ihrem Falle von der obern Wolke eine Geschwindigkeit $C = 2 \sqrt{S \sigma} = 77$ Fuß. Wäre das Gewicht so eines Hagelkornes auch nur zu einem Grane gewachsen, so wäre die erlangte Grösse der Bewegung = 77 Gr. Wie sollte sich eine Eismasse von diesem Gewichte und dieser Dichtigkeit erhalten können, da eine Pflaumfeder durch jede Wolke ungehindert durchfällt? — besonders da das Gewicht eines Hagelkornes oft auf 1 bis 2 Loth anwächst.

e) Versuche, auf welche sich Volta beruft, beweisen nichts; denn ein Spiel von Korkkügelchen zwischen festen Platten, in deren einer immer Elektrizität erregt wird, giebt keine Analogie.

290. Es scheint übrigens, daß die Hagelbildung sich von der Schneebildung nur dadurch unterscheide, daß in jener die Ursachen der Crystallisation beynahe augenblicklich, und daher auch seltener zusammentreffen, als bey dieser, wodurch eine desto grössere Differenz, folglich auch eine viel grössere aber eben deßwegen auch schneller vorübergehende Wirkung nothwendig wird. Wie überhaupt, so bewirkt auch hier eine übereilte Crystallisation nur unregelmässige Crystalle (Graupen); das Wasser, auf welches die auf eine tiefe Temperatur herabgebrachte Graupen in ihrem Falle stossen, wird selbst zum Gefrieren determinirt, und es überzieht sich daher die Graupe mit

Eis, wie dieß die v. Buchs (288. Zus. 2.) angeführten Erfahrungen nachweisen. Daß diese Körner in ihrem Falle nicht wieder schmelzen, hängt wahrscheinlich a) von ihrer angenommenen niedern Temperatur, b) von der Geschwindigkeit ihres Falles, und vielleicht auch, wie v. Buch vermuthet, c) von der schnellen Verdünstung in der so erwärmten Luft ab, ohne eben zu elektrischen Spielereyen u. dgl., seine Zuflucht nehmen zu müssen.

Zusatz. Den Einfluß des Sonnenlichtes auf dieses Phänomen kann man übrigens aus der Jahres- und Tageszeit, in welcher es sich ergiebt, nicht unbeachtet lassen.

291. Der Schädlichkeit des Hagels wegen suchte man ihn, so viel nur immer möglich, in einer Gegend an seiner Entstehung zu hindern, oder zu vertreiben. Dazu benützte man seit 1771. in Frankreich und allen Theilen des südlichen Deutschlandes das Losschiessen von grössern Feuergewehren (Mörsern, Kanonen, Pöller u. dgl.) an erhabenen Punkten, und bevor die Wolken sich zu stark gesammelt hatten, womit man bis zu der Zerstreuung der Wolken fortfuhr. Marquis de Chevriers zu Vauvenard war, so viel ich weiß, der erste, welcher dieses Mittel angewendet hat. Die Akademie der Wissenschaften in München krönte 1788. Heinrich's Preisschrift, in welcher er den Nutzen dieses Mittels darlegte. Noch 1807. erklärte sich dieser Gelehrte für diese Meinung, glaubte aber, daß es schwer sey, die wahre Ursache davon anzugeben. Allein 1811. kam die Sache neuerdings in Untersuchung, und Can. Imhof entschied theils aus Versuchen mit einer künstlichen Wolke,

theils nach seinen wissenschaftlichen Ansichten gegen das Schiessen.

292. Die Voraussetzung, der Hagel sey die Wirkung der Elektrizität, veranlaßte die Anrathung eines zweyten Mittels gegen denselben, nämlich: Ableitung der Elektrizität aus den Wolken entweder α) durch mächtige Leitungen, mittels Feuer, Verdampfung u. s. w. oder β) durch viele Blitzableiter. Guenaut de Montbeillard schlug dieses Mittel 1776. zuerst vor, mit ihm vereinigten sich Guyton de Morveau und Buissart. Allein ihre Vorschläge wurden wenig beobachtet. Denize suchte das Schiessen und die Ableitung mit einander zu verbinden, und Imhof räth mit Verwerfung des Schiessens zu Rauchfeuern und Aufstellung der Ableiter auf den in Dörfern gewöhnlichen Mayenbäumen.

Bereits hat man das letzte Mittel in Gegenden, welche sonst häufig vom Hagel heimgesucht waren, anzuwenden angefangen, und eine mehrjährige Erfahrung wird lehren, in wie weit sie den ausgesprochenen Vermuthungen zusagen, und die Frage, ob der Hagel Ursache oder Folge der Elektrizität ist, ihrer Beantwortung entgegen führen werde.

ε. Thau und Reif.

293. In den heissen Sommermonathen ist es eine sehr gemeine Erscheinung, daß sich am Abende Pflanzen und andere der Luft ausgesetzte Körper mit Feuchtigkeit in Tropfengestalt überziehen. Dieses Phänomen heißt bekanntlich Thau.

Zusatz 1. Die Alten glaubten, der Thau sey astralischen Ursprunges; daher darf man sich nicht

wundern, daß ihm die Alchymisten so grosse Kraft zuschrieben. Hat sich doch in Rücksicht des Märzenthaues dieses Vorurtheil in einigen Gegenden bey dem gemeinen Manne erhalten.

Zusatz 2. Man wollte gefunden haben, daß Maythau nicht ganz durchsichtig sey, in keiner Wärme, wohl aber im Schatten in Fäulniß übergehe, und Musschenbrök fand am Thauwasser, das er 24 Jahre aufbewahrt hatte, keine Veränderung. Indessen hat Bergmann, dem ausgebreitetere chemische Hilfsmittel zu Gebothe standen, keinen Unterschied zwischen Regen- und Thauwasser gefunden, nur zeigte letzteres einige Spuren von Kochsalz und Salpetersäure.

294. Man glaubte ehemals allgemein, der Thau falle. Allein Gersten und du Fay beweisen durch viele Versuche und Beobachtungen, daß er steige; denn bey Pflanzen unter Glasglocken, von in der Luft aufgehangenen Glasplatten, wurde immer nur die untere Fläche, und zwar die der untern Glasplatte eher und mehr bethauet, als die der höhern u. s. w. — Billig glaube ich aber wohl mit Musschenbrök, daß der Thau theils von den Pflanzen aufsteige, theils als Niederschlag aus der Luft herabfalle.

295. An einem warmen Tage bilden sich sehr viele physische Dünste, welche am Abende, wo die Temperatur sich erniedriget, nothwendig ausgeschieden werden müssen, sich nun in tropfbar flüssiger Form an den kältern Körpern anlegen, und, wenn sie am Orte ihrer Zersetzung keinen antreffen, herabfallen. Zugleich behält die Erde ihre Temperatur länger als die Luft. Kommen daher die Dünste der Pflanzen in

die

die Berührung der kältern Luft, so verliert ein Theil derselben sogleich an der Oberfläche der Pflanzen seine ausdehnbare Form, ein anderer steigt noch als Dunst auf, zersetzt sich aber, sobald er mit einem kältern Körper in Berührung kömmt.

Zusatz. Daher haben wir im Winter und unter Tages keinen Thau. Daher ist der Thau in heissen Ländern gewöhnlich am stärksten. Daher sieht man das Nichtfallen des Thaues für einen Vorbothen eines schlechten Wetters an u. s. w.

296. Es ist merkwürdig, daß nicht alle Körper gleich stark von dem Thaue befeuchtet werden. Schon frühzeitig hatte man die Erfahrung gemacht, daß Metalle nicht befeuchtet werden, wenn Glas vollkommen naß wird. Am meisten hat aber Prevost diese Versuche verändert und vervielfältiget. Wenn er

a) auf eine Glastafel seines Fensters ab (Fig. 73.) von innen eine Metallplatte $\alpha\beta$ klebte, so blieb, wenn $a\alpha$ und $b\beta$ mit Dünsten beschlagen waren, $\alpha\beta$ trocken, wurde aber auch naß, sobald eine gleichgroße Glasplatte auf das Metall geklebt wurde.

b) Belegte er die Glastafel oben mit einem metallenen Rechtecke $\alpha\beta$ von innen, und unten mit einem $\gamma\delta$ von außen (Fig. 74.), so wurde $\alpha\beta$ mehr als das Glas, die dem $\gamma\delta$ entsprechende Stelle des Glases gar nicht befeuchtet. Von aussen blieb $\gamma\delta$ trocken, $\alpha\beta$ aber wurde feuchter, als das übrige Glas.

c) Bringt man auf die innere Seite die metallene Fläche $\alpha\beta$ (Fig. 73.), von aussen ihr gegenüber die kleinere $\gamma\delta$, so wird die der äußern Fläche ent-

sprechende Stelle cd nicht befeuchtet. Wird aber auf γδ das noch kleinere Glas εκ befestiget, so erscheint in der trockenen Stelle ein nasser Fleck ek. Wird aber auf γδ ein gleichgrosses Glas gebracht, so wird von innen alles feucht, aber trocken, wenn darauf wieder Metall geklebt wird u. s. w.

d) Eine von innen nur im Durchmesser befestigte, sonst aber ungefähr 1 Lin. von dem Glase entfernte, 1 Zoll im Durchmesser haltende Metallscheibe giebt eine Bethauung am Glase, nicht an dem Metalle. Das Gegentheil thut eine Glasplatte. Die Phänomene kehren sich um, wenn der Versuch an der äussern Seite des Fensters gemacht wird.

e) Bringt man an die Stelle der Glastafel eine metallene Tafel, so ist die Bethauung darauf viel kleiner, als auf dem Glase, und alle Erscheinungen werden bey ähnlichen Anrichtungen umgekehrt.

f) Diese Erscheinungen zeigen sich auch auf einer abgemähten Wiese auf nicht grossen Unterlagen, wo die obere Seite der äussern in den obigen Versuchen entspricht.

297. Um diese Erscheinungen zu erklären, hat man gewöhnlich die Elektrizität mit in das Spiel gebracht, besonders hat Hube dieß mit vielem Scharfsinne gethan. Allein ich glaube, sie lassen sich eben so leicht aus der verschiedenen Wärmeleitung der Körper, und der daraus entstehenden Zersetzung oder Nichtzersetzung der Dünste erklären; denn wenn in dem Fundamentalversuche (296. a) αβ eine Metallfläche ist, so wird sie als guter Leiter, der von einem schlechten Leiter (dem Glase) umgeben ist, die Temperatur des Zimmers schnell annehmen, und

folglich als gleich erwärmt die physischen Dünste nicht zersetzen können. Entgegengesetzt muß sich das schlechtleitende Glas verhalten, welches, wenn es an der äussern Seite in Berührung der kältern Luft selbst erkaltet ist, seinen Wärmeverlust nicht so leicht wieder ersetzen kann, und daher zu der Niederschlagung der Dünste geeignet ist. Da auch die Erde am Abende langsamer erkaltet als die Luft, so läßt sich an der Gleichheit der Phänomene und ihrer Ursache nicht zweifeln, und man sieht leicht, wie aus dieser Ansicht auch die Erklärung der verschiedenen Modificationen dieses fundamentalen Versuches (b, c, d, e, f 296.) hervorgeht.

298. Wenn die Pflanzen von dem Thaue, oder von einem vorhergegangenen Regen befeuchtet sind, und nun eine Temperatur unter dem Gefrierpunkte eintritt, so gefriert die Feuchtigkeit, und bilder den Reif, woraus sich die Wirkung desselben auf Pflanzen und Früchte leicht erklären läßt.

Zusatz. Auch im Reife beobachtet das Wasser im allgemeinen seine eigenthümliche 6strahlige Crystallisationsform, welche nach verschiedenen Aus- und Zuwüchsen in verschiedene zufällige Formen übergeht. — Bjerkander hat viele, und Hassenfratz einige dieser Formen beschrieben.

299. Der sogenannte Mehlthau ist eine Krankheit, welche die Gewächse, und wie es scheint, einige mehr, als andere, häufig ergreift. Sie zeigt sich vorzüglich nach häufigem Regen und darauf folgender anhaltender Trockenheit, und besteht in einem mehlartigen Ueberzuge der obern und untern Seite der Blätter, welcher sich leicht mit einem Messer absca-

ben läßt. Einhof hat denselben (freylich etwas unvollkommen) untersucht. Wildenow schreibt denselben a) einer eigenen Art Schimmel, der die Blätter überzieht, und b) den Blattläusen zu. Die letztere Ursache hatten schon vorher Reaumur und Leche angegeben. Einhof hingegen und Leitner schreiben ihn bloß krankhaften Auswüchsen der Pflanzen zu.

Zusatz 1. Das Nämliche gilt von dem Honigthaue, welcher sich von dem Mehlthaue dadurch wesentlich unterscheidet, daß er in einer klebrigten honigartigen Feuchtigkeit, übrigens aber unter den nämlichen Umständen, wie der Mehlthau erscheint. — Die Alten liessen ihn vom Himmel fallen, und sahen ihn als die Substanz an, aus welcher die Bienen ihren Honig bereiten.

Zusatz 2. Warum sollte nicht Mehl- und Honigthau (wenigst zum Theil) ein Erzeugniß der Atmosphäre seyn, und als solches schädlich auf die Pflanzen wirken können? — (282.)

b. Dämpfe.

300. Die Verdünstung wächst (269. a) mit der Temperatur. Hat diese einmal einen gewissen Grad erreicht, so entwickeln sich die mit dem Wasser immer verbundenen Luftarten, und endlich kömmt die ganze Masse in Wallung, welche durch ein Aufwärtsströmen der unten mehr erwärmten und dadurch specifisch leichter gewordenen Wassermasse verursacht wird. Dadurch wird die ganze Wassermasse selbst erwärmet, nnd wenn endlich die Temperatur des untern Wassers gegen 80° Reaum. gestiegen ist, so geht es in Blasen über, welche sich schnell und mit Geräusch gegen die

Oberfläche des Wassers erheben, an derselben sich theils zersetzen, theils aufsteigen, und die ihnen entgegenstehende Luft vertreiben. Dieser Zustand des Wassers heißt Sieden, und die erzeugten Blasen Dampf.

Zusatz 1. Verschiedene Flüssigkeiten sieden unter gleichen Umständen bey verschiedenen Temperaturen. Wenn reines Wasser bey 80° siedet, so sieden

Alkohol bey 64°
Terpentinöl " 88°
Quecksilber " 252°

aber kein Flüssiges nimmt eine höhere Temperatur an, als die Siedehitze, ohne eine chemische Zersetzung zu erleiden.

Zusatz 2. Der Siedepunkt ändert sich aber nach dem verschiedenen Drucke der Atmosphäre (Barometerstand). Daher siedet Wasser unter der Luftpumpe schon bey 30°. Auf dem Montblanc sah Seaussure das Wasser bey 68,99° sieden, und Humboldt giebt für die Abnahme der Siedehitze für verschiedene Höhen (1 Meter = ½ Toise gerechnet) folgende Tabelle.

Höhe über dem Meere.	Barometerstand.	Siedhitze des Wassers.
0 Toisen	27,1520 Zolle	80°,0 Reaum.
500 " "	24,4512 "	77°,7 " "
1000 " "	21,7800 "	75°,4 " "
1500 " "	19,3248 "	73°,0 " "
2000 " "	17,0676 "	70°,5 " "
2500 " "	15,0552 "	67°,7 " "
3000 " "	13,2264 "	64°,8 " "
3500 " "	11,5308 "	61°,6 " "

woraus sich das beyläufige Gesetz ergiebt, daß die Siedhitze von 500 zu 500 Toisen im Mittel ungefähr abnimmt um 2,625 Reaum. für 100 Toisen Höhe also eine Abnahme von 0,525° entspricht.

Zusatz 3. Da der Dampf eine viel höhere Temperatur zu seiner Bildung erfordert, als der Dunst, so muß er sich auch bey einer viel höhern wieder zersetzen.

Zusatz 4. Ueber die Verdampfung der fetten Oele siehe oben 255. Zus. 2.

Zusatz 5. Die Dichtigkeit der Dämpfe scheint nach Seaussure's oben angegebenen Erfahrungen (265.) desto kleiner zu seyn, je leichter das Flüssige zur Verdünstung, also auch zum Sieden und zum Verdampfen gebracht werden kann, und Gay Lussac's Erfahrungen bestätigen diese Vermuthung. Nach ihm verhält sich die Dichtigkeit der Dämpfe zu der der Luft

von Wasser, welches bey 80° Reaum. siedet
= 10 : 16
von Alkohol, welcher bey 63,7 Reaum. siedet
= 15 : 10
von Schwefeläther, welch. b. 30,24 Reaum. sied.
= 23,5 : 10

obwohl hier kein genaues Verhältniß zwischen der Flüchtigkeit und Dichtigkeit angenommen werden kann.

301. Die entstandenen Dämpfe zeichnen sich durch eine ungeheure ausdehnende Kraft aus. Beyspiele davon in den Knallkügelchen, der Dampfkugel, dem Papinischen Topfe u. s. w.

Zusatz. Anwendung derselben bey Dampfmaschinen. Nähere Beschreibung derselben in der Vorlesung.

302. Die Grösse der ausdehnenden Kraft der Wasserdämpfe zu messen, haben wir kein hinreichendes Mittel. Indessen dient bis auf einen gewissen Grad ein dazu eingerichteter Papinischer Topf. Ziegler (ein Schweitzer) war der erste, der sich desselben zu diesem Zwecke bediente. Betancourt nahm 20 Jahre später die nämliche Untersuchung wieder auf. Auch Volta fand mit den Betancourt'schen übereinstimmende Resultate. Schmidt in Giessen verbesserte die Verfahrungsweise, nach welcher die Holländer Bicker und Rouppe mit einigen Veränderungen den Gegenstand von 80 bis 114° Reaum. neuerdings untersuchten. Die folgende Tabelle giebt die Resultate dieser Untersuchungen nach rheinländ. Zollen der Quecksilberhöhe im Dampfmesser nebst dem daraus gezogenen Mittel, und der entsprechenden Differenz von 5 zu 5° über 80° Reaum.

Reaum.	Betancourt	Schmidt	Bieker	Mittel	Differenz.	
80°	29,0	—	29,0	29,00		
85	37,7	36,7	37,6	37,10	7 + 1	8
90	48,0	45,2	45,9	46,36	7 + 3	9
95	59,5	56,8	56,1	57,46	7 + 4	11
100	74,9	69,4	69,0	70,00	7 + 6	13
105	89,8	83,8	83,0	85,33	7 + 8	15
110	101,5	104,8	—	102,90	7 + 10	17
114	— —	121,3	—	121,30		

Zusatz 1. Die neuesten Dalton'schen Untersuchungen weichen in ihren Resultaten theils von den

einzelnen, theils von dem mittleren Resultate dieser Tabelle ab; und geben von 85° angefangen dieselben etwas kleiner an, wie es die folgende Tabelle zeigt.

Reaum.	Quecksilberhöhe	
	in engl. Z.	in rheinl. Z.
80°	30,00	29,14
85	37,04	36,09
90	45,18	43,88
95	54,48	52,92
100	64,82	61,63
105	76,06	73,88
110	88,19	85,63
115	100,99	98,04

Soldner bringt die Erfahrungen Dalton's auf eine allgemeine gesetzliche Formel, in welcher E = der ausdehnenden Kraft bey dem Siedepunkte, e = derselben bey r reaum. Graden, u = der Anzahl reaum. Grade über dem Siedepunkt ist, und es wird

$$\text{Log } \frac{e}{E} = 0{,}1365.\ u\ .\ \text{Log}\ (1{,}3802 - 0{,}00253.\ u)$$

Diese Formel stimmt sehr mit Dalton's Erfahrungen überein, und paßt für alle tropfbar Flüssige.

Nach ihr wird die ausdehnende Kraft unter dem Eispunkte immer kleiner, ohne je = o zu werden. Bey 162,6° erreicht sie ihr Maximum, wo sie = 178,2 engl. Zoll ist. Von da nimmt sie aber ab, wird bey 625° = o, und in noch höherer Temperatur unmöglich. „Sonderbar, sagt Soldner, scheint dieses Re„sultat allerdings, aber es fließt schlechterdings aus „Dalton's Angaben."

303. Das Wasser, welches theils als Dunst, theils als Dampf in die Atmosphäre aufsteigt, scheint die Natur vorzüglich zu der Hervorbringung der Quellen und Flüsse zu verwenden, wenn es als Regen, Schnee u. s. w. herabfällt, oder sich an den Gebirgen zersetzt. Die allgemeine Erfahrung, daß bey zunehmender Trockenheit die Flüsse niedriger gehen, daß an solchen Orten und in solchen Jahreszeiten, in welchen weniger Regen fällt, auch die Quellen und Flüsse seltener sind, oder gar versiegen, daß nach starkem anhaltenden Regen, oder mit dem Schmelzen des Schnees unsere Flüsse anschwellen u. s. w., beweiset das Verhältniß des Regens zu der Entstehung und Unterhaltung der Quellen.

Zudem zeigt Mariotte, daß, wenn auch die Höhe des gefallenen Regens um Dijon nicht mehr als 15 Zolle betrage, so reiche sie doch hin, die Seine so zu speisen, daß höchstens $\frac{1}{6}$ desselben dazu nothwendig ist, und schließt von da auf alle Flüsse Frankreichs.

Das Nämliche zeigt Dalton von den Flüssen Englands, wo die Höhe des als Regen und Thau in einem Jahre herabgefallenen Wassers (280.) 36,45 Zolle beträgt, und beweist, daß ungefähr $\frac{1}{3}$ desselben hinreiche, alle Flüsse Englands zu unterhalten.

Eine ähnliche Rechnung läßt sich wohl leicht aus den oben (280.) angeführten Angaben für andere Länder mit gleichen Resultaten führen, und dadurch an der hinreichenden Menge des Wassers nicht mehr zweifeln.

Zusatz. Ueber verschiedene andere Hypothesen in der Vorlesung.

c. Gasarten.

304. Die ausdehnbare Form ist den Dünsten nur bedingnißweise eigen. Wenn diese Bedingungen (257. u. 259.) aufhören, so kehren auch die Dünste wieder in die tropfbar flüssige Form zurück. Ist die ausdehnbare Form aber Substanzen so eigen, daß dieselben durch keine Erhöhung oder Erniedrigung der Temperatur dieselbe verlieren, so bilden sie eine neue Stufe, welche der immer mehr überwiegende expansive Factor erreicht, und die Materie immer mehr den Feßeln der Contraction und der Schwere entreißt. Auf dieser Stufe der Expansion hört alle künstliche Einwirkung der chemischen Analyse auf, und die Individualität dieser Substanzen behauptet sich gegen alle Kunst in ihrer Einheit. Diese Substanzen heissen Luft- oder Gasarten, und sind die eigentlichen materiellen Elemente (wenigst für unsere Kenntnisse). Man nennt sie Sauerstoffgas, Wasserstoffgas und Stikstoffgas.

Zusatz 1. Die chemischen Eigenschaften jeder einzelnen dieser Gasarten aufzufinden und aufzuzählen, ist Gegenstand der Chemie, wohin ich hier verweisen muß.

Zusatz 2. Es giebt allerdings noch eine grosse Anzahl verschiedener Gasarten. Allein sie sind nur Modificationen und Zusammensetzungen entweder aus den obengenannten Gasarten, oder andern Substanzen, weswegen sie auch an den Eigenschaften der zum Grunde liegenden Stoffe nach den verschiedenen Mischungsverhältnissen Theil nehmen.

Zusatz 3. Eine vorzügliche Mischung der Gasarten finden wir an der atmosphärischen Luft, und sie wird unter den Zusammensetzungen hier ausschließend behandelt, weil sie als nothwendiges Theilganzes zu unserer Erde gehört, der Schauplatz ungeheurer chemischer Operationen der Natur ist, und gewöhnlich in ihrem physischen Verhalten als Typus für die übrigen Gasarten dient. — Daß diese Mischung keine bloß mechanische sey, wie Dalton glaubt, haben Berthollet, Murray, Thomson, Tralles und Ermann hinreichend dargethan, und in der That, sagt Ermann, verliert eine „Theorie alles Einladende, wenn „sie zu einer so wilden und willkührlichen Atomistik „(wie die Dalton'sche) aus der sich alles machen „läßt, ihre Zuflucht nehmen muß."

305. Die Expansion macht die Gasarten dem Gebiete der Schwere nicht entgehen. Aber sie können dem Gesetze der Schwere auch nur folgen, in so weit es mit ihrer ausdehnbaren Form vereinbar ist, d. h. sie können der Erde nicht entfliehen, aber sie können und müssen sich um die Erde nach allen Richtungen ausdehnen und verbreiten.

Zusatz 1. Daher haben auch alle Gasarten ihr eigenthümliches Gewicht, und zwar ist das des

Wasserstoffgases = 0,000094
Stikstoffgases = 0,00115
Sauerstoffgases = 0,00135
atmosphär. Luft = 0,00123.

Zusatz 2. Obwohl das respective Gewicht der Gasarten so sehr verschieden ist, so können sie sich doch nicht auf und übereinander lagern, sondern müssen sich gemäß ihrer Expansion in und durch ein-

ander entweder chemisch, oder oft auch nur mechanisch mit einander mischen.

Zusatz 3. Die Verbreitung der Gasarten um die Erde muß aber eine durch das Verhältniß der Schwerkraft zu der aus der Achsenbewegung der Erde hervorgehenden Fliehekraft bestimmte Gränze haben, über welche hinaus (wenigstens) die Gasarten aufhören würden, als Theilganzes zu der Erde zu gehören.

306. Wegen der hohen auf dieser Stufe der Aggregation herrschenden Erregung der Expansion werden die Gasarten uns immer als vollkommen elastisch erscheinen, und stellen sich daher auf was immer für einen Grad durch eine äussere Kraft condensirt immer in jedem gegebenen Raume wieder her.

Zusatz 1. Daher wirkte Roberball's 16 Jahre geladene Windbüchse nach diesem Zeitraume eben so stark, als zuvor. Daher stand Musschenbrök's Queckfilbersäule in der an beyden Enden zugeschmolzenen Glasröhre 5 Jahre lang bey der nämlichen Temperatur immer auf der nämlichen Höhe. Daher bleibt eine Blase, einmal durch eine Gasart ausgedehnt, Jahre lang bey der nämlichen Temperatur in der nämlichen Ausdehnung.

Zusatz 2. Daher auch das wichtige aus Boyle's, Mariotte's, und Bouguer's Versuchen hervorgegangene, zum Axiome gewordene Gesetz, daß die Ausdehnbarkeit der atmosphärischen Luft (und überhaupt der Gasarten) sich verhalte, wie die Kraft, mit der sie zusammengedrückt werden.

307. Die Ausdehnung der Gasarten muß nothwendig durch höhere Erregung des expansiven Factors

zu, und daher ihr respectives Gewicht (Dichtigkeit) abnehmen, die Elastizität aber wachsen, wie dieses auch die allgemeine Erfahrung nachweiset.

Zusatz 1. Daher dehnt sich eine zum Theil mit einer Gasart angefüllte Blase durch die Wärme aus, und geht in einem kalten Orte wieder zu ihrem anfänglichen Raumsinhalte zurück. Daher hält die erwärmte Zimmerluft der äussern kältern das Gleichgewicht u. s. w.

Zusatz 2. Amontons scheint der erste gewesen zu seyn, welcher die Größe dieser Ausdehnung zu messen versuchte. Runguet's, de la Hire's, Pristley's u. a. Versuche sind sehr unzuverlässig. De Luc giebt diese Ausdehnung von 0 bis 80° an auf 403, Seaussure auf 339, Schmidt auf 357,4, Dalton auf 397,6, Lambert und Gay-Lussac (mit Vernachlässigung der Ausdehnung der Instrumente) auf 375. Die letzte Angabe ist wahrscheinlich die zuverlässigste, wenn auch auf die Ausdehnung des Glases selbst Rücksicht genommen wird. Dann beträgt aber die Ausdehnung der Gasarten nach Gilbert 380,2, nach Soldner aber 377, wenn der cub. Inhalt derselben bey 0° = 1000 Theilen gesetzt wird. Daher kömmt nach der letzten Angabe auf 1° Reaum. eine Ausdehnung = 4,7.

Zusatz 3. Die Veränderungen der Dichtigkeit der atmosphärischen Luft beobachtet man durch das Manometer (Dasymeter), welches schon Otto von Guericke angegeben, Fouchy und Gerstner aber verbessert haben. — Beschreibung und Gebrauch desselben.

Zusatz 4. Da (306. Zus. 2.) die Ausdehnbarkeit, also auch die Dichtigkeit im Verhältnisse der zusam-

mendrückenden Kraft steht, so folgt, daß die Dichtigkeit in den höhern Regionen abnehmen müsse. Es sey ab (Fig. 75.) ein horizontaler Theil der Erdoberfläche, und senkrecht auf demselben zwischen den parallelen af und bg eine Luftsäule bis an das Ende der Atmosphäre. Theilt man die Höhe af in kleine gleiche Theile durch die Linien cd, eh, il u. s. w., so entstehen gleiche sehr kleine Luftschichten cabd, ecdh u. s. w., innerhalb welchen man die Luft als gleichförmig dicht annehmen kann, wo sich dann die Dichtigkeiten wegen dem gleichen Raumesinhalte verhalten, wie die absoluten Gewichte.

Ist nun in abdc, cdhe, ehli

Dichtigkeit D d τ

Gewicht R r ρ, so wird

$D : d = R : r$

$d : \tau = r : \rho$.

A. Von dem Drucke der Atmosphäre.

Areostatik.

308. Da alle Gasarten (305.) schwer sind, so müssen sie ihr Daseyn auch ankündigen durch das allgemeine Phänomen der Schwere, durch Druck auf Gegenstände, welche mit ihnen in Berührung sind. Da sie sich aber der absoluten Flüssigkeit noch mehr nähern, als die tropfbaren Flüssigkeiten, so muß auch um so mehr von ihnen gelten, daß sie nach allen Richtungen gleich stark drücken (191. a).

Zusatz 1. Daher wird auch in ihnen ein Körper eben so viel an dem Gewichte verlieren, als die Gasart unter dem nämlichen Raumsinhalte wiegt.

Zusatz 2. Daher müßte ein specifisch leichterer Körper in ihnen, wenn sie überall gleich dicht wären, bis zu ihrer Oberfläche emporsteigen. Da aber ihre Dichtigkeit nach oben immer kleiner wird (307. Zus. 4.) so kann ein solcher Körper nur so hoch steigen, bis sein respectives Gewicht dem der Luft gleich geworden ist.

Zusatz 3. In einer Luftart können nur wieder Luftarten und Dünste aufsteigen, weil wir keine specifisch leichtere Substanzen kennen. Sollen sie aber durch ihr respectives Gewicht, und nicht durch ihre Expansion steigen, so müssen sie in einer Hülle eingeschlossen seyn, welche ihnen einen bestimmten Raumsinhalt giebt.

Zusatz 4. Wäre der Raumesinhalt der Hülle v, und g das Gewicht eines Cubikfußes der Gasart, in welcher die leichtere aufsteigen soll, so ist das Gewicht desselben unter dem Raumsinhalte der Hülle $= v \cdot g$, und zugleich die Grösse des Druckes auf die Hülle nach oben.

Ist die Hülle mit einer Gasart gefüllt, deren respectives Gewicht γ, so ist das Gewicht derselben $= v \cdot \gamma$, und wenn das Gewicht der Hülle selbst q, so wird der Druck nach unten $= v \cdot \gamma + q$. Die Hülle wird daher sinken, wenn $v \cdot \gamma + q > v \cdot g$; schweben, wenn $v \cdot \gamma + q = v \cdot g$, und steigen, wenn $v \cdot \gamma + q < v \cdot g$ ist, und zwar steigen mit einer Kraft

$$k = v.g - (v.\gamma + q) = v.g - v.\gamma - q$$
$$= v\,(g - \gamma) - q,$$

wird aber schweben, wenn sie in eine Höhe gekommen ist, wo wegen der Abnahme der Dichtigkeit, also auch des g, $k = o$.

geworden ist. Dann ist aber auch

$v(g - \gamma) - q = o$, und in diesem Zustande daher $q = v(g - \gamma)$.

309. Hierauf gründet sich die Theorie der Luftballone, (Areostaten) welche entweder mit bloß erwärmter atmosphärischen Luft (Montgolfiere) oder mit einer leichtern Gasart (Wasserstoffgas) gefüllt werden. Es sey nämlich das Gewicht des Ballons $= q$, sein Inhalt $= v$, das respective Gewicht der äussern atmosphärischen Luft g, das der eingeschlossenen Gasart γ, so wird (308. Zus. 4.) der Ballon so lange steigen, bis

$$q = v(g - \gamma).$$

Seine Steigkraft aber ist $k = v(g - \gamma) - q$.

Ist der Ballon, wie gewöhnlich, sphärisch, so ist

$$v = \frac{\pi d^3}{6}, \text{ also}$$

$$k = \frac{\pi d^3}{6}(g - \gamma) - q.$$

Ist m das Gewicht eines □ Fußes von dem Stoffe, aus welchem die Hülle gemacht ist, s aber die Oberfläche des Ballons, so wird

$q = ms$, oder weil $s = \pi d^2$

$q = m\pi d^2$, also

$$k = \frac{\pi d^3}{6}(g - \gamma) - m \cdot \pi d^2.$$

Zusatz 1. Wäre q überhaupt gegeben, so würde

$$k + q = \frac{\pi d^3}{6}(g - \gamma), \text{ folglich}$$

$$d^3 = \frac{6(k + q)}{\pi(g - \gamma)}, \text{ und}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{6(k + q)}{\pi(g - \gamma)}}.$$

Zu-

Zusatz 2. Sollte der Ballon nur schweben, so würde $k = o$, also

$$q = \frac{\pi d^3}{6} (g - \gamma) \text{ und}$$

$$\frac{6\,q}{\pi (g - \gamma)} = d^3. \text{ Es ist aber}$$

$q = m\,s = m \pi d^2$, also

$$\frac{6\,m\,\pi\,d^2}{\pi (g - \gamma)} = d^3, \text{ und}$$

$d = \frac{6\,m}{g - \gamma}$, Daher wird der Ballon steigen, wenn $d > \frac{6\,m}{g - \gamma}$, und zwar so lange, bis $d = \frac{6\,m}{g - \gamma}$, oder

$$g - \gamma = \frac{6\,m}{d}, \text{ oder}$$

$$g = \frac{6\,m}{d} + \gamma \text{ wird.}$$

Zusatz 3. Albertus de Saxonia scheint in der Mitte des XIV. Jahrhunderts eine ziemlich richtige Vorstellung von dem Ballone gehabt zu haben. Weniger richtig war des Jesuiten Lana seine, und der Dominikaner Gallien gab einen ungeheuren Entwurf dazu an. Die erste Ausführung im Kleinen gehört Cavallo und Lichtenberg, welche nach verschiedenen fehlgeschlagenen Versuchen mit thierischen Blasen mit Wasserstoff gefüllte Seifenblasen aufsteigen liessen. Im Grossen verfertigten, und brachten die erste Maschine durch erwärmte Luft zum Steigen die Gebrüder Montgolfier den 5. Julius 1783. Charles und Robert waren die ersten, welche eine Hülle von Taffet (27.

Aug. 1783.) mit Wasserstoffgas füllten. Pilatre de Rozier wagte es zuerst den 15. October 1783. mit einer Montgolfiere, welche an Stricken gehalten wurde, aufzusteigen. Am 15. November überließ er sich der Richtung des Windes, und ward am 15. Junius 1785. das erste Opfer der Luftschifffahrt. Ihm folgten am 1. December 1783. Charles und Robert mit einem Areostaten, und bald eine Menge anderer von allen Nationen Die Sache ward zur Schaustellerey, und zu einem Erwerbszweige. Als solche trieben und treiben diese Kunst vorzüglich Blanchard (jetzt seine Frau), Garnerin und Robertson. Graf von Zambeccari bediente sich einer Zusammensetzung aus einem Areostaten und einer Montgolfiere. Sein erster Versuch kostete ihm einige Finger, und sein zweyter das Leben. Gay Lussac machte zwey Luftfahrten (die erste in Biot's Gesellschaft) zu physikalischen Untersuchungen. Sie sind die einzigen dieser Art. Hermbstädt wollte zwar mit Garnerin eine experimentirende unternehmen; allein, der Eigennutz des schaustellenden Areonauten vereitelte sein Vorhaben.

Zusatz 4. Ein wichtiges sicherndes Instrument für einen Areonauten ist der Fallschirm, (Parachute) dessen Erfindung anfangs Montgolfier zugeschrieben wurde. Aber Prof. Le Normant reclamirte diese Erfindung für sich. Er hat seine Versuche der Akademie von Lyon 1784. vorgelegt, welche er anfangs in's Geheim, und im December 1783. in Gegenwart der Stände von Languedoc und Montgolfier's gemacht hatte.

310. Der Druck der atmosphärischen Luft wird durch das Steigen und Fallen einer Quecksilbersäule in einer gläsernen Röhre gemessen. Eine solche An-

richtung heißt ein Barometer. Die Bedingungen, unter welchen er brauchbar seyn kann, sind a) Reinheit des Queckſilbers, b) luftleerer Raum ober dem Queckſilber, c) Unveränderlichkeit oder Compenſation des Niveau's, d) genaue Eintheilung der Scale nach Zollen und Linien.

Zuſatz 1. Der Erfinder dieſes Werkzeuges war Toricelli. Seine Anrichtung hat aber ſehr viele Veränderungen und Künſteleyen erdulden müſſen, bis man wieder zu der Einfachheit zurückkehrte. Von der Geſchichte, den verſchiedenen Einrichtungen, Beobachtungsmethoden u. ſ. w., in der Vorleſung.

Zuſatz 2. Die Gröſſe dieſes Druckes iſt der Erfahrung gemäß ungefähr = dem einer Queckſilberſäule von 27 Zollen, oder (196.) einer Waſſerſäule von 30,5 Fuß. Daher findet man den Druck auf eine Fläche p immer, wenn man p mit 2,25, und dem reſpectiven Gewichte des Queckſilbers = 949,77 ℔., oder mit 30,5 und dem reſpectiven Gewichte des Waſſers = 70 multiplizirt.

Zuſatz 3. Daher iſt der Druck auf den menſchlichen Körper (die Oberfläche desſelben = 14 □ Fuß geſetzt) ungefähr = 29917 ℔. Ein Steigen oder Fallen von einigen Linien verändert dieſe Gröſſe um mehrere hundert ℔., welches auf einen kranken Körper nicht ohne Einfluß ſeyn kann.

Zuſatz 4. Das Steigen und Fallen des Barometers hängt aber zum Theil auch von der Ausdehnung und Zuſammenziehung des Queckſilbers durch Erhöhung oder Erniedrigung der Temperatur ab. Das

her muß jede beobachtete Barometerhöhe nach dem Thermometer corrigirt werden.

Zusatz 5. Die Ausdehnung einer Queckſilberſäule von 27 Zoll Länge vom o — 80° Raum. beträgt (nach Luz) 5,5 Linien. Daher wird ſich eine halb ſo lange Säule auch nur um $\frac{5,5}{2}$ Lin. ausdehnen, und wenn überhaupt die Ausdehnungen n, ν, die Längen m, μ heiſſen, ſo wird $m : n = \mu : \nu$, alſo $\frac{m}{n} = \frac{\mu}{\nu}$. Der Quotient der Queckſilberhöhe durch ihre Ausdehnung iſt daher conſtant, und da bey $m = 27$ Zoll $= 324$ Linien $n = 5,5$ iſt, ſo wird immer

$$\frac{m}{n} = \frac{\mu}{\nu} = \frac{324}{5,5} = 59$$

$$m = n \cdot 59$$

$$n = \frac{m}{59}$$

$$\frac{n}{m} = \frac{1}{59}$$

Heißt die Länge der Säule bey o° b, ſo wird daher ihre Ausdehnung bis 80° $= \frac{1}{59}$ b. Geht die Ausdehnung, wie man ohne Fehler annehmen kann, durch alle Grade gleichförmig fort, ſo wird ſie für 1° alſo $\frac{1}{80}$ der reaum. Scale $= \frac{1}{80} \cdot \frac{1}{59} \cdot b = \frac{1}{4720} \cdot b$

folglich für $x^\circ = \frac{x}{4720} \cdot b$

Daher wird die Länge der Säule bey x°

$$= B = b + \frac{x}{4720} \cdot b = \frac{(4720 + x)\, b}{4720}$$

Umgekehrt also die auf o° reducirte Barometerhöhe $b = \frac{4720 \cdot B}{4720 + x} = \frac{80 \cdot 59 \cdot B}{80 \cdot 59 + x}$

Zusatz 6. Wird, wie gewöhnlich, eine Normaltemperatur g ober o° angenommen, und ist die Anzahl der beobachteten Thermometergrade h, so wird $x = h - g$, also

$$b = \frac{4720}{4720 + (h-g)} \cdot B$$

$$= B - \frac{(h - g)\ B \cdot}{4720 + (h - g)}$$

Ein leichter vergleichender Calcul zeigt, daß im Divisor $h - g$ ohne Fehler vernachlässiget werden kann. Daher wird die auf die Normaltemperatur reducirte (berichtigte) Barometerhöhe $b = B - \frac{(h-g)B}{4720}$

Gewöhnlich wird die Normaltemperatur = 10° angenommen. Dann wird

$$b = B - \frac{(h - 10)\ B}{4720}$$

Zusatz 7. Guar. Schlögl hat Reductionstabellen von 240 bis 348 Lin. Barometerhöhe zu 1 bis 35° Reaum. über oder unter 10° berechnet, welche im Auszuge zu dem Gebrauche der königl. Landgerichts-Aerzte in 8vo herausgegeben worden sind.

311. Daß der Druck der atmosphärischen Luft nach oben abnehmen müsse, ist bereits (307. Zus. 4.) angemerkt worden, und es läßt sich das Gesetz für diese Abnahme nun leicht finden. Da nämlich

I.) $D : d = R : r$

$d : \tau = r : \rho$, so wird, wenn (Fig. 75.) der Druck auf ab, cd, eh, il u. s. w., $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ heißt,

$D : d = \beta : \gamma$

$d : \tau = \gamma : \delta$. Nun ist aber

β der Druck auf $cd = \alpha - R$

γ " " " $eh = \alpha - R - r$

δ " " " $il = \alpha - R - r - \rho$, also

$D : d = \alpha - R : \alpha - R - r$

$d : \tau = \alpha - R - r : \alpha - R - r - \rho$

Eben so ist aus I.)

II.) $R : r = \alpha - R : \alpha - R - r$

$r : \rho = \alpha - R - r : \alpha - R - r - \rho$, also

III.) $R : r = \alpha - R + R : \alpha - R - r + r$

$= \alpha : \alpha - R$

$r : \rho = \alpha - R - r + r : \alpha - R - r - \rho + \rho$

$= \alpha - R : \alpha - R - r$, also (aus II. III.)

$\alpha : \alpha - R = \alpha - R : \alpha - R - r$

$\alpha - R : \alpha - R - r = \alpha - R - r : \alpha - R - r - \rho$,

oder

$\alpha : \beta = \beta : \gamma$

$\beta : \gamma = \gamma : \delta$, also

$$\gamma = \frac{\beta^2}{\alpha} \text{ und } \gamma^2 = \frac{\beta^4}{\alpha^2}$$

$$\delta = \frac{\gamma^2}{\beta} = \frac{\beta^4}{\alpha^2 \cdot \beta} = \frac{\beta^3}{\alpha^2}$$

Daher folgen die Drückungen aufeinander wie

$$\alpha, \quad \beta, \quad \frac{\beta^2}{\alpha}, \quad \frac{\beta^3}{\alpha^2}, \text{ oder}$$

$$\alpha\left(\frac{\beta}{\alpha}\right)^0, \alpha\left(\frac{\beta}{\alpha}\right)^1, \alpha\left(\frac{\beta}{\alpha}\right)^2, \alpha\left(\frac{\beta}{\alpha}\right)^3 \text{ u. s. w.}$$

Es verhält sich also der Druck auf eh zu dem auf $il = \alpha\left(\frac{\beta}{\alpha}\right)^1 : \alpha\left(\frac{\beta}{\alpha}\right)^3$, also sind die Grössen

des Druckes zu einander immer im Verhältnisse von $\alpha\left(\frac{\beta}{\alpha}\right)$ zu den Potenzen erhoben, welche anzeigen, von der wievielten Schichte die Rede ist. Wenn daher allgemein u w die m^{te}, t k die n^{te} Schichte, x und y der Druck auf dieselben ist, so wird

$$x : y = \alpha\left(\frac{\beta}{\alpha}\right)^m : \alpha\left(\frac{\beta}{\alpha}\right)^n = \left(\frac{\beta}{\alpha}\right)^m : \left(\frac{\beta}{\alpha}\right)^n$$

Die Grösse des Luftdruckes wird durch die Barometerhöhen gemessen. Wenn diese nun in a b, u w, t k durch B, b, β bezeichnet werden, so wird

$$x : y = \left(\frac{b}{B}\right)^m : \left(\frac{b}{B}\right)^n$$

Zusatz 1. Aus der obigen Proportion wird

$$\text{Log}\frac{x}{\alpha} : \text{Log}\frac{y}{\alpha} = m\,\text{Log}\frac{\beta}{\alpha} : n\,\text{Log}\frac{\beta}{\alpha}$$

$$= m : n$$

$$-(\text{Log}\,\alpha - \text{Log}\,x) : -(\text{Log}\,\alpha - \text{Log.}\,y) = m : n$$

$$\mp\text{Log.}\frac{\alpha}{x} : \mp\text{Log.}\frac{\alpha}{y} = m : n$$

Es sind aber m und n die Anzahl der Schichten in a u und a t, also

$$\text{Log}\frac{\alpha}{x} : \text{Log}\frac{\alpha}{y} = au : at$$

oder anstatt α, x, y die entsprechenden Barometerhöhen gesetzt

$$\text{Log}\frac{B}{b} : \text{Log}\frac{B}{\beta} = au : at$$

Es verhalten sich also die Höhen zweyer Stationen in der Luft zu einander wie die Logarithmen der Quotienten, welche man erhält, wenn die Baromes-

terhöhe an der Oberfläche der Erde durch die in u und t beobachtete dividirt wird.

Zusatz 2. De Luc hat gefunden, daß ein Barometer, dessen Höhe in der untersten Station = 348 Linien ist, um 1‴ fällt, wenn man sich um 12,5 Toisen darüber erhebt, folglich ist in der obigen Proportion B = 348, b = 347, au = 12,5, also

$$12{,}5 : at = \text{Log}\,\frac{348}{347} : \text{Log}\,\frac{348}{\beta}$$

12,5 : at = 2,54157 — 2,54032 : Log 348 — Log β

12,5 : at = 0,00125 : Log 348 — Log β

1250000 : 125 = at : Log 348 — Log β

10000 : 1 = at : Log 348 — Log β

at = 10000 (Log 348 — Log β)

Zusatz 3. Wäre in einer andern Station q die Barometerhöhe π, so wäre

aq = 10000 (Log. 348 — Log. π), daher der Unterschied der Stationen

tq = aq — at = 10000 (Log 348 — Log π) — 10000 (Log 348 — Log β)

= 10000 (Log 348 — Log π — Log 348 — Log β)

= 10000 (Log β — Log π)

Man erhält also den Höhenunterschied zweyer Stationen, wenn man die Differenz der Logarithmen der entsprechenden Barometerhöhen mit 10000 multiplicirt. Ueber das Höhenmessen mit dem Barometer, die nothwendigen Correctionen und die vielen dafür aufgestellten Formeln in der Vorlesung.

Zusatz 4. Da die Dichtigkeit der Luft im Verhältnisse des Druckes oder der Barometerhöhe steht, so wird D : d = B : β, woraus sich die Dichtigkeit d in einer gegebenen Höhe ergiebt, wenn die an der Erdoberfläche D und die entsprechenden Barometerhöhen B, β bekannt sind. Sind hingegen die Dichtig-

keiten an zwey Stationen bekannt, so findet man umgekehrt daraus den Höhenunterschied der Stationen selbst.

312. Es ist offenbar, daß der Luftdruck an den Ufern des Meeres am größten seyn müsse, weil sie die niedrigsten Punkte der Erdoberfläche sind. Soviel aber auch für die Resultate der Berechnungen daran liegt, den Druck an diesem Fundamentalpunkte zu kennen, so kommen die Beobachtungen doch wenig mit einander überein.

Bouguer setzt ihn im Mittel	= 28 Zolle	1 Lin.	
Don Jorge Juan	= 27 ;	11,50 ;	
Fleurian Bellevue und Cotté	= 28 ;	8,83 ;	
Schukbourg	= 28 ;	2,91 ;	
Humboldt	= 28 ;	1,60 ;	

Das Mittel aus diesen Angaben giebt

28 ;	1,58 ;	
=	337,58 ;	

Nach angestellten nothwendigen Correctionen aber scheint in gemässigten Klimaten, wie Lindenau und Gilbert bemerken, die mittlere Barometerhöhe am Ufer des Meeres bey 10° Reaum. zu seyn

= 28 Zoll, 2,2 Lin. = 338,2 Lin. par. M.,

daher bey 0° Reaum.

= 28 Zoll, 1,42 Lin. = 337,42 Lin.

Die Abnahme der Barometerhöhe, oder des Luftdruckes von der Meeresfläche an läuft nach Humboldt's Beobachtungen und Berechnungen so fort, daß er bis auf 3847 Toisen um 204,44 Lin. abnimmt.

Zusatz 1. Schon Leche hat bemerkt, daß der Unterschied zwischen dem größten und kleinsten Drucke gegen den Aequator hin abnimmt; denn in Peters-

burg beträgt er in einem Jahre 36, in Prag, Wien, Paris 20 bis 24, weniger in Italien, unter dem Aequator nicht über 4 Linien.

Zusatz 2. Selbst die Unterschiede in einem Jahre scheinen eine gewisse Beständigkeit beyzubehalten, und immer fällt der größte Unterschied in die kalten, der kleinste in die wärmsten Monate. „Es scheint, sagt „v. Buch, als zeigte das Barometer das Clima eines „Landes richtiger an, als das Thermometer."

Zusatz 3. Der unzähligen Veränderungen ungeachtet, welchen der Luftdruck unterworfen ist, findet man doch eine regelmässige Periode desselben, welche aber nur deutlich unter oder nahe an dem Aequator auffallen kann. Lamanon hat diese Fluth und Ebbe der Atmosphäre unter 1° 17′ N. B, Humboldt zu Cumana, und 12° 3′ S. B., Duc La Chapelle (wahrscheinlich) zu Montauban beobachtet. Auch Ramond hat dieselbe bemerkt, und selbst in unsern Gegenden (zu Regensburg) entgieng sie am 14., 15., 16., 17. Julius 1811. dem unermüdeten Beobachter Heinrich nicht. Ich habe (Fig. 76.) diese Beobachtungen in eine Tabelle zu besserer Uebersicht zusammengestellt. Aus allen geht das Allgemeine hervor, daß der Luftdruck jeden Tag abwechselnd zweymal steige und falle. In Heinrich's Beobachtungen habe ich aber (nach der Beobachtung vom 16. Jul.) anstatt 6 Uhr 7, und anstatt 10 Uhr 11 gesetzt. Das Steigen in der Nacht habe ich bis 12 Uhr angenommen, weil a) das Steigen am Morgen von 6 bis 11 Uhr, also 5 Stunden dauerte, und b) dadurch zwischen Heinrich's und La Chapelle's Beobachtungen immer die gleiche Differenz von einer Stunde bleibt.

Zusatz 4. Merkwürdig ist, daß der Gang des Barometers mit dem Gange der Luftelektrizität parallel zu gehen scheint. „Zweymal steigt das Barometer, sagt Schübler, täglich mit zunehmender „elektrischer Spannung, und zweymal fällt es wieder „mit Verminderung derselben."

313. Man suchte die oben (311.) gegebene Formel zur Bestimmung der Höhe der Atmosphäre anzuwenden, indem man voraussetzte, es könne da ihre Gränze nicht mehr ferne seyn, wo ihr Druck beynahe unmerklich wird. Ich will setzen, man nehme den Druck nur mehr zu 0,0002 Linien an, so würde, wenn der Druck an der Meeresfläche = 337,5 Linien gesetzt wird, die Höhe der Atmosphäre

at = 10000 (Log 337,5 — Log 0,0002)
= 10000 (2,52827 — (— 3,69897)
= 62272,4 Toisen = 373634,4 Fuß
= 12 geograph. Meilen (ungefähr.)

Allein wegen der schnellen Abnahme der Dichtigkeiten der in's Unbegränzte fortgehenden fallenden geometrischen Progression, und der Ausdehnbarkeit der Gasarten in jeden gegebenen Raum ist dieser Calcul nicht genau, und die daraus gefundene Höhe eben so, wie die von Monnier, Keil, Halles u. a., aus dem Aufhören der Dämmerung erschlossene = 10 geographische Meilen zu klein. Die Nordscheine, welche doch gewiß in der Atmosphäre erscheinen, erreichen (nach Tob. Bergmann) ihre größte Höhe = 151, ihre kleinste = 20, und im Mittel eine Höhe = 72 Meilen. Schröter beobachtete den 28. Jänner 1795. eine Lichterscheinung in der Atmosphäre, deren Höhe er über 1000 Meilen schätzt. Offenbar muß aber denn doch da diese Gränze seyn,

wo die Luft aufhört, Theilganzes unserer Erde zu seyn. Es nimmt aber die Schwerkraft von der Erde weg ab im umgekehrten Quadratverhältnisse der Abstände. Ihre Wirkung an der Erdoberfläche (also in der Entfernung eines Halbmessers von dem Mittelpunkte) ist (94.) = 15 Fuß in 1″. In einer Entfernung x wird sich daher diese g zu der an der Erdoberfläche verhalten

$$x^2 : 1^2 = 15 : g$$
$$= 2160''' : g, \text{ also}$$
$$g = \frac{2160}{x^2}$$

Die aus der Achsenbewegung der Erde hervorgehende Fliehkraft würde einen Körper an der Erdoberfläche 7,44 (num. rot. 7.) Linien weit wegtreiben. Da sie aber (183. Zus. 1.) wächst, wie der Radius, so wird in der Entfernung x

$$1 : x = 7''' : f, \text{ also}$$
$$f = 7x$$

Wo die Fliehkraft der Schwerkraft gleich wird, da müssen sie sich aufheben, und die Luft aufhören, an die Erde gebunden zu seyn.

Dann wird aber $f = g$, folglich

$$\frac{2160}{x^2} = 7x$$

$$\frac{2160}{7} = x^3, \text{ und}$$

$$x = \sqrt[3]{\frac{2160}{7}} = 6{,}5 \text{ Halbmesser der Erde}$$
$$= 5590 \text{ geographische Meilen.}$$

Zu dieser Höhe scheint daher die Atmosphäre reichen zu müssen. Höher wenigst kann sie nicht

seyn, weil sie auſſer x aufhören würde, zu der Erde zu gehören.

a. Von dem Heber.

314. Der Druck der Luft bewirkt unter andern die Erscheinungen an a) Hebern und b) Pumpen. Man versteht unter einem Heber eine unter was immer für einem Winkel gebogene, an beyden Enden offene Röhre ABC (Fig. 77.), durch welche ein Flüſſiges aus einem Gefäſſe herausgehoben werden kann. Soll diese Röhre Dienste thun, so muß sie zuerst durch Saugen an C luftleer gemacht werden. Dadurch wird das Flüſſige durch den Druck der Luft auf ab in den Heber bis B getrieben, und fällt von dort durch sein eigenes Gewicht herab. Ist so die Röhre mit Flüſſigem angefüllt, so ist der Druck der Luft auf $A = A^2 . (30{,}5 - AB)\,70$, der Druck auf C aber $= A^2\,(30{,}5 - CB)\,70$. Ist daher 1) $AB > BC$, so ist der kleinere Druck auf A, und das durch Saugen nach BC gebrachte Wasser fällt wieder durch A zurück. Ist 2) $AB = BC$, so kann auf keiner Seite ein Auslaufen Statt haben. Ist aber 3) $BC > AB$, so wird das Wasser durch C ausflieſſen, und zwar so lange, als an A noch Wasser seyn wird, weil so lange die nämliche Ursache fortdauert.

Zusatz 1. Daher muß bey dem Gebrauche eines Hebers immer der längere Schenkel auſſer dem Wasser seyn, und die Höhe AB darf allerhöchstens 30 Fuß betragen.

Zusatz 2. Als Heberwirkung erklären sich das Versiegen mancher Brunnen und Seen, wenn das Wasser derselben eine gewisse Höhe erreicht hat, und

manche Spielereyen z. B. der Zaubertonne, des kircher'schen Bechers u. dgl.

b. Von Luft- und Wasserpumpen.

315. Die Pumpen sind entweder Luft- oder Wasserpumpen, je nachdem Verdünnung der Luft, oder Erhebung des Wassers ihr Zweck ist.

Die Luftpumpe, diese äusserst wichtige Erfindung des Otto von Guericke, hat drey wesentlich nothwendige Theile

a) den Stiefel ab, (Fig. 78.) mit dem genau an seine Seiten anpassenden Kolben de, welcher durch die Kolbenstange gh hin und her bewegt werden kann.

b) den Teller mn mit dem Recipienten p, welcher an denselben genau anschließt.

c) den Hahn e, welcher so eingerichtet seyn muß, daß er die Verbindung zwischen dem Stiefel und der Glocke bald herstellen, bald unterbrechen, und im letzten Falle die Communication mit der äussern Luft unterhalten kann.

Aus dieser Beschreibung ist es nicht schwer, die Theorie dieses Werkzeuges einzusehen. Wird nämlich die Communication zwischen Recipienten und Stiefel hergestellt, und der Kolben von al zurückgezogen, so dehnt sich die in p enthaltene Luft in den Stiefel aus, wodurch sie verdünnet wird. Wird nun die Verbindung durch Umdrehung des Hahnes mit p aufgehoben, aber mit der äussern Luft hergestellt, und der Kolben nach al zurückgestossen, so wird die verdünnte zwischen e und dem Kolben enthaltene Luft durch den Hahn weggetrieben. Stellt man die Verbindung

zwischen p und dem Stiefel wieder her, so verdünnt ein zweyter Zug die vorher schon verdünnte Luft u. s. w.

Zusatz 1. Es ist klar, daß die Verminderung der Luft unter dem Recipienten nach einer geometrischen Proportion zunehmen, und der Druck, so wie er von innen abnimmt, von aussen wachsen müsse, wodurch sich die Phänomene, welche die Luftpumpe darbiethet, leicht erklären lassen. Wirkliche Versuche damit in der Vorlesung.

Zusatz 2. Die Luftpumpe hat bald nach ihrer Erfindung wichtige Verbesserungen durch Boyle erfahren. In der Folge hat sie durch verschiedene Physiker allerley Veränderungen erlitten. Weitläufiger davon mündlich.

316. Die Wasserpumpen sind nach der Art, wie sie das Wasser in die Höhe heben, entweder Saug- oder Druckpumpen.

Die Saugpumpe (Fig. 79.) besteht aus dem mit einer einwärts sich öffnenden Klappe b versehenen Stiefel cfcd, und der damit verbundenen Saugröhre cdgh. In dem Stiefel bewegt sich mit der gleichfalls einwärts sich öffnenden Klappe a der Kolben ik durch den Hebel lmn an der Kolbenstange al. Steht das Wasser in der Saugröhre bis pq, und wird der Kolben von cd zurückgezogen, so dehnt sich die in cdpq enthaltene Luft auch in den Stiefel aus, und entweicht bey dem Niedersinken des Kolbens durch die Klappe a. Daher muß wegen des grössern Druckes der äussern Luft das Wasser über pq steigen. Ein neuer Hub verdünnet die Luft neuerdings, bis das Wasser endlich den Stiefel selbst erreicht, durch

die Klappe a dringt, und so zu der Ausgußröhre o gebracht wird.

Zusatz. Da der Druck der Luft nur einer Wassersäule von 30 Fuß das Gleichgewicht halten kann, so kann eine Saugpumpe das Wasser höchstens auf 30 Fuß erheben. Reibung und andere Hindernisse erlauben in der Ausübung nie mehr als eine Höhe von 20 Fuß.

317. Die Druckpumpen erheben das Wasser entweder α) in der nämlichen Röhre, in welcher der Kolben sich bewegt, oder β) drücken es in eine andere Röhre, in der es steigt. Im ersten Falle ist (Fig. 80.) der Theil, in welchem der Kolben sich bewegt, efcd, der Stiefel und der obere Theil efgh die Steigröhre. Der Kolben ik, und der untere Theil des Stiefels haben die einwärts sich öffnenden Klappen a und b. Steht nun das Wasser bis pq, und wird der Kolben von cd zurückgezogen, so hebt er das zwischen ihm und pq stehende Wasser, durch dessen Druck die Klappe a geschlossen ist, in die Höhe, und es tritt neues nach hydrostatischen Gesetzen durch b ein. Wird der Kolben zurückgestossen, so öffnet sich die Klappe a, und das Wasser tritt über den Kolben, bey dessen Erhebung es wieder in die Höhe und zu der Ausgußröhre o gebraucht wird u. s. w.

Wird hingegen das Wasser in der Druckpumpe (Fig. 81.) durch den Kolben ik aus dem Stiefel efcd durch die Verbindungsröhre s in die Steigröhre ghrs gedrückt, so muß der Kolben massiv seyn. An dem untern Ende des Stiefels, und über der Verbindungsröhre stehen aber die aufwärts sich öffnenden Klappen b und a. Steht das Wasser bis pq, so wird

durch

durch seinen Druck b geschlossen, bey dem Niedergehen des Kolbens aber a geöffnet, und das Wasser aus dem Stiefel in die Steigröhre gedrückt. Bey dem Zurückgange des Kolbens öffnet sich b, das Wasser steigt wieder bis p q, und das Spiel der Pumpe beginnt von Neuem, so, daß das Wasser nach einigen Zügen (Hüben) nach $\alpha\beta$, $\beta\gamma$, $\gamma\delta$ u. s. w., bis zu der Ausgußröhre o gebracht wird.

318. Einige Pumpen sind Saug- und Druckpumpen zugleich wie (Fig. 82.). In dem mit einer einwärts sich öffnenden Klappe a versehenen Stiefel e c d f bewegt sich der massive Kolben i k, der Stiefel ist mit der Saugröhre c d g h, in welcher das Wasser bis p q steht, und durch die Verbindungsröhre s r mit der Steigröhre t r verbunden, welche gleichfalls eine aufwärts sich öffnende Klappe b hat. Wird der Kolben von c d aufgezogen, so muß wie bey der Saugpumpe (315.) das Wasser durch Luftverdünnung aus der Saugröhre durch a in den Stiefel steigen, durch das Niedergehen des Kolbens in t r gedrückt werden, und nach einigen Hüben zu der Ausgußröhre o kommen.

319. Die Verbindung mehrerer Druck- und Saugwerke, welche ihr Wasser in ein gemeinschaftliches Behältniß erheben, heißt ein Wasserwerk (Pumpenkunst). In so einer Kunst muß immer eine gleiche Anzahl Kolben steigen und sinken, und sie lassen sich daher alle auf die Theorie eines doppelten (Fig. 83.) zurückführen. Es werde z. B. die Pumpenkunst durch ein unterschlächtiges Rad in Bewegung gesetzt, so, daß eine mit der Hauptwelle verbundene Kurbel C B die Stange B D, und durch sie den gleicharmigen Hebel E F

um seinen Unterstützungspunkt G bewegt. Dadurch werden die Kolben i k wechselseitig auf- und nieder-, und das Wasser durch die Verbindungsröhren s r zu dem gemeinschaftlichen Behälter in die Höhe gedrückt. Den schon (230; 234.) angegebenen Grundsätzen gemäß wird es nicht schwer, diese Anrichtung zu berechnen. Wäre das Gefälle = 2 Fuß, so würde die Geschwindigkeit des Wassers

$$= 2 \sqrt{h\sigma} = 2 \sqrt{30} = 10{,}94 \text{ Fuß},$$

folglich für die Formel $P . C = Q . G$

$$C = \frac{10{,}94}{3} = 3{,}64.$$ Beträgt das in einer Sekunde geschüttete Wasser 300 ℔., so wird

$$P = 300.$$

Soll das Wasser in einer gewissen Zeit t zu einer Höhe S erhoben werden, so wird das Gewicht des zu erhebenden Wassers = Q, und seine Geschwindigkeit $G = \frac{S}{T}$. Wäre diese Höhe S = 40 Fuß, und die Zeit T = 1 Stunde = 3600 Sekunden, so würde

$$G = \frac{40}{3600} = \frac{1}{90}, \text{ also für eine Sekunde}$$

$$Q = \frac{P . C}{G} = \frac{300 . 3{,}64}{\frac{1}{90}} = 98280 \text{ ℔.} = 1404 \text{ Cub. F.}$$

Zusatz 1. Allgemein wird daher für Pumpenkünste

$$C = \frac{S . Q}{T . P} = \frac{2}{3} \sqrt{h\sigma}$$

$$S = \frac{C . T . P}{Q} = \frac{2}{3} \cdot \frac{T . P \sqrt{h\sigma}}{Q}$$

$$T = \frac{S . Q}{C . P} = \frac{S . Q}{\frac{2}{3} P \sqrt{h\sigma}}$$

$$Q = \frac{C . T . P}{S} = \frac{2}{3} \frac{T . P . \sqrt{h\sigma}}{S}$$

$$P = \frac{S \cdot Q}{C \cdot T} = \frac{S \cdot Q}{\frac{2}{3} T \cdot \sqrt{h\sigma}}$$

$$G = \frac{P \cdot C}{Q} = \frac{\frac{2}{3} P \sqrt{h\sigma}}{Q}$$

Zusatz 2. Anwendung auf einfache und zusammengesetzte Feuerspritzen, welche entweder Gibel- oder Schlauchspritzen sind. Einrichtung derselben mit und ohne Windkessel — Baader's Handspritzen u. dgl.

Zusatz 3. Bemerkungen über die vortheilhafteste Einrichtung der Kolben (Stempel), Ventile (Kegel- Kugel- Muschel-Ventile) und der Klappen.

Zusatz 4. Gelegenheitliche Beschreibung anderer ähnlicher Maschinen, des montgolfier'schen Stoßhebers, der vortrefflichen reichenbach'schen Wassersäulenmaschine u. dgl.

B. Bewegung der Atmosphäre als Wind.

320. Ein so leicht bewegliches Flüssiges, als die atmosphärische Luft, kann nie lange in Ruhe seyn, und vielerley Ursachen können das Gleichgewicht derselben auf mancherley Weise stören, und Bewegung einzelner Massen von einer Gegend nach einer andern verursachen. Man bezeichnet dieses Phänomen mit dem Namen des Windes. So wichtig aber die Theorie der Winde für die Kenntniß der Naturerscheinungen ist, so hat man es doch, wie de Luc bemerkt, noch um sehr wenig weiter gebracht, und „die Erklärungen der Physiker, sagt Brisson, sind so schwankend, und so wenig genugthuend, daß man wenig „gewinnt, wenn man ihre Meinungen aufzählt."

Gewöhnlich wird es wenigst immer schwer seyn, die bestimmte Ursache eines bestimmten Windes anzugeben, so leicht es auch ist, einzusehen, daß sowohl physische als chemische Ursachen diese Störung des Gleichgewichtes im Allgemeinen veranlassen können. Dahin gehören vorzüglich die Achsenbewegung der Erde, schnelle Entstehung oder Zersetzung der Dünste, schnelle Zersetzung der Luft, heftige (z. B. vulkanische) Wirkungen auf der Erde, ungleiche Erwärmung oder Erkältung u. dgl. Indessen muß auch diese Bewegung, wie jede andere a) nach ihrer Richtung, b) ihrer Geschwindigkeit, und c) ihrer Dauer, so viel es hier möglich ist, bestimmt werden.

321. Die Richtung der Winde wird nach dem Punkte des Horizontes genannt, von welchem sie wehen, und sie kann daher unendlich verschieden seyn. Man begnügt sich aber 32 derselben zu unterscheiden. Man theilt nämlich den ganzen Gesichtskreis in 4 Hauptgegenden, Nord, Ost, Süd, West. (Fig. 84.) Die Kreisausschnitte zwischen diesen Punkten theilt man in 4 Gegenden des zweyten Ranges, und setzt ihre Namen aus den Hauptgegenden, zwischen welche sie fallen, zusammen, z. B. Nordost, Südwest u. s. w. Die Kreisausschnitte zwischen einer Hauptgegend und einer Gegend des zweyten Ranges werden neuerdings getheilt, und geben 8 Gegenden des dritten Ranges, deren Benennung aus den zwey Gegenden, zwischen welchen sie liegen, zusammengesetzt wird, z. B. Nordnordwest, Ostsüdost u. s. w. Endlich wird neuerdings in 16 Theile getheilt, welche man mit dem Namen der Hauptgegend, oder der Gegend des zweyten Ranges, zu welcher sie am nächsten fällt, mit dem Zusatze gen (gegen) die nächste

Hauptgegend bezeichnet, z. B. Süd gen West, Nordwest gen West, Südost gen Ost u. s. w.

Von diesen Abtheilungen des Horizontes erhalten die Winde ihre Namen. Daher Nordwind, Südostwind u. s. w.

Zusatz 1. Eine Ebene, auf welcher die oben aufgezählten Windstriche aufgezeichnet sind, heißt eine Windrose.

Zusatz 2. Art, die Richtung der Winde an den Windfahnen zu beobachten. — Vortheilhafteste Einrichtung derselben.

322. In Rücksicht der Geschwindigkeit der Winde ist man übereingekommen, diejenigen, welche in einer Sekunde 10 bis 16 Fuß machen, sanfte (mässige) zu nennen; steif hingegen heißt der Wind, wenn er 24, hart, wenn er 36, mittelmässiger Sturm, wenn er 40 bis 50, starker Sturm, wenn er über 60 Fuß in einer Sekunde macht.

Zusatz 1. Man sieht leicht, daß diese Unterscheidungen vielen Schwierigkeiten unterworfen sind. Deßwegen setzt (nach Celsius Beyspiel) die Instruction für die königl. bair. Landgerichtsärzte einen Wind von 10 Fuß = einem, welcher die Blätter, den von 20 bis 24 = einem, welcher kleine Aeste, den von 30 bis 40 = einem, welcher starke Aeste bewegt. Ein Sturmwind von 50 bis 60 hebt Bäume aus dem Grunde, bricht sie entzwey, deckt Dächer ab u. s. w.

Zusatz 2. Unter der Menge von angegebenen Windmessern (Anemometern) verdienten eine Anrichtung mit einigen Windmühlflügeln, die von Dertel angegebene Anrichtung, und, seiner Einfachheit wegen vielleicht am meisten Bouguers Windmesser genannt zu werden. — Beschreibung derselben mündlich. Indessen

können alle bis jetzt angegebenen Windmesser zwar die Stärke, aber nicht die Geschwindigkeit des Windes messen.

323. In Rücksicht der Dauer sind die Winde entweder α) beständige, oder β) periodische, oder γ) veränderliche.

Zusatz. Regelmässige Winde, wie α und β können aber nur auf dem Meere beobachtet werden, weil Gebirge, Wälder und viele andere Localitäten auf dem festen Lande dieser Regularität im Wege stehen.

324. Die beständigen Winde sind die, welche immer von der nämlichen Weltgegend wehen. Man hat solche auf den Meeren der heissen Zone gefunden. Unter dem Aequator herrscht ein beständiger sehr schwacher Ostwind, aber von 5 bis 30° N. B. ist er nordöstlich, und von 1 bis 30° S. B. südöstlich. Man hat die Ursache dieser Winde bald mit Halley in der successiv erwärmten Luft, bald mit d'Alembert in der Anziehung des Mondes, bald mit Hube und de Luc in der Achsenbewegung der Erde gesucht. Allein keine dieser Erklärungen will hinreichen. Daher setzt sie Lampadius am wahrscheinlichsten aus mehrern zusammen. Da nämlich die Aequatorialländer gleichförmig und mehr erwärmt sind, als die Polarländer, so steigt die am Aequator erwärmte Luft in die Höhe, und wird an der Erdoberfläche durch das Zuströmen von den Polen zum Gleichgewichte ersetzt. Daher in der südlichen Halbkugel S, in der nördlichen N. Wenn diese Strömungen einander begegnen, müssen sie sich aufheben, und weil sie auf ihrem Wege immer in wärmere Gegenden kommen, um so mehr mit der Aequatorialluft in's Gleichgewicht kommen. Daher

keine nördliche oder südliche Strömung am Aequator. Da aber wegen der Figur der Erde die Aequatorialluft bey der Umdrehung der Erde um ihre Achse einen grössern Kreis beschreibt, als die Polarluft, so muß diese auf ihrem Wege zum Aequator etwas zurück bleiben, daher eine Strömung von O nach W, und nach dem Gesetze der Zusammensetzung der Kräfte eine nord- oder südöstliche Strömung verursachen.

Zusatz. Daß diese Abweichung von N und S nicht in gleichen Abständen von dem Aequator beginnt, kömmt wahrscheinlich daher, weil der Wärmeäquator nicht mit dem Erdäquator zusammenfällt, und die nördliche Halbkugel mehr erwärmet wird, als die südliche.

325. Periodische sind solche, welche regelmässig in gewissen Zeiten von dieser, in andern von einer andern Himmelsgegend wehen.

Dergleichen sind die sogenannten Moussons, welche besonders manchen Küstenländern und Meeren in ihrer Nähe eigen sind. Die bekanntesten Mussons sind:

Zwischen Madagascar und den afrikanischen Küsten vom October bis May SO, sonst W

Zwischen Arabien und Malabar vom April bis October SW, sonst NO.

Zwischen Madagascar und Sumatra vom May bis October SO, sonst NW.

Von Sumatra längs der chinesischen Küste vom October bis May NNO, sonst SW.

An der brasilianischen Küste vom September bis April NO, sonst SW.

Die Ursache dieser Winde liegt in der ungleichen Erwärmung des Landes und Meeres, so, daß bald von diesem zu jenem, bald umgekehrt eine Strömung entstehen muß.

Eine andere Art periodischer Winde sind die Land- und Seewinde, besonders auf kleinen Inseln und Vorgebirgen. So entsteht auf St. Domingo um 10 Uhr Vormittag ein Ostwind vom Meere her, um 6 bis 7 Uhr Abends ein Westwind vom Lande gegen das Meer. Am Tage wird nämlich das Land mehr erwärmet, als das Meer, und die kältere untere Luft strömt dem Lande zu, und umgekehrt.

326. Die veränderlichen Winde sind die Winde aller Zonen, besonders des festen Landes der gemäßigten und kalten. Es giebt zwar an jedem Orte gewisse Winde, welche häufiger als andere wehen, wie z. B. bey uns der Westwind. Aber sie kehren nach keinem Gesetze und keiner Periode wieder zurück.

327. Wenn ein Wind an einen eingeschlossenen Ort stößt, so bemerken wir, daß er, zurückgeworfen, und im Kreise getrieben, Staub, Halme u. dgl., mit sich fortführt. Unter diesen Erscheinungen heißt der Wind ein Wirbelwind, und seine Wirkungen sind manchmal fürchterlich.

Zusatz 1. Besonders schrecklich sind die sogenannten Wasserhosen, bey welchen sich eine Wassersäule in Form eines umgekehrten Kegels mit Geräusch von einer Wolke herab gegen das Meer ausdehnt, oder auch aus dem Meere selbst erhebt, von einem Orte zum andern rückt, sich im Wirbel dreht, und auf den Schiffen schreckliches Unheil anrichtet. Musschenbrök schreibt sie dem Zusammentreffen entgegenge-

setzter Winde, Beccaria aber, Franklin und andere, der Elektrizität zu, weil diese Erscheinung gewöhnlich von Blitzen begleitet ist. Franklin beschreibt mehrere solcher Wasserhosen und giebt eine weitläuftige Erklärung davon. Allein alles, was man bisher darüber gesagt hat, beweiset nur noch mehr, daß man ihre Entstehungsursache nicht kennt.

Zusatz 2. Manchmal, aber seltener, zeigt sich dieses zerstörende Phänomen auch auf dem festen Lande. Lampadius hat uns über die Wirkungen einer solchen Landhose in der Gegend von Freyburg (23. April 1800.) und Imhof einer im königl. bair. Landgerichte Erding (19. April 1809.) ausführliche Nachrichten geliefert.

328. Die Eigenschaften der Winde sind sehr verschieden, je nachdem sie aus verschiedenen Gegenden kommen. Daher wehen sie bald kalt, bald warm, bald trocken, bald feucht u. s. w.

Zusatz. Traurig sind die Wirkungen einiger Winde, z. B. des Harmattan auf den Westküsten Africa's, des Samiel (Samum) in und um die Sandwüsten Arabiens, des Chamsin in Aegypten, des Sirocco in Sicilien und Italien.

329. Der Nutzen der Winde in der Natur ist äusserst groß. Sie befördern die Verdünstung, erhalten die Bewegung der Atmosphäre, sind die Kaufleute, sagt Baco von Verulam, welche Dünste ausschiffen und einführen, und dadurch aus Süden Wärme, aus Norden Erkältung bringen. Die Industrie macht von ihnen gleichfalls wichtigen Gebrauch, vorzüglich zum Handel in der Schifffahrt, und dem Mühlenwesen.

Zusatz. Ich beschränke mich darauf, von letzterer Anwendung zu Windmühlen zu sprechen.

Windmühlen.

330. Die Windmühle unterscheidet sich von den Wassermühlen nur durch die Einrichtung des Rades, an dem die Kraft (hier die bewegte atmosphärische Luft) wirkt. Anstatt des Rades sind nämlich hier Flügel (Fig. 85.) substituirt. Die Einrichtung derselben ist folgende: An dem Kopfe der Hauptwelle A werden zwey lange hölzerne Bäume AE (Windruthen) so durchgesteckt, daß sie sowohl auf den Kopf, als auf die Welle senkrecht sind. In die Ruthen werden hölzerne Stäbe fg, gh, hi, ik gelocht, und diese mit Schilf durchflochten, oder mit dünnen Brettern, oder Segeltüchern bedeckt. Diese Bedeckungen heissen Thüren. Sie können sowohl ganz, als theilweise weggenommen werden, um dem Winde bald eine grössere, bald eine kleinere Fläche entgegen zu stellen.

Damit die Maschine die verlangten Dienste leisten könne, ist nothwendig, daß

a) die Richtung des Windes in die Richtung der Hauptwelle gebracht werde. Deßwegen muß entweder die ganze Mühle, oder wenigst das Dach um eine Achse gedreht werden können.

b) Die Fläche der Flügel muß mit der Achse der Hauptwelle einen Winkel machen, um durch die schiefe Einwirkung des Windes, und die Zerlegung der absoluten Kraft desselben eine Bewegung hervorzubringen. Am Anfange der Bewegung ist der Winkel von 54° 44′ am vortheilhaftesten. Wenn aber der Flügel

einmal in Bewegung ist, giebt ein Winkel von 70 bis 80° ein grösseres Moment.

c) Die Länge der Flügel kann (nach Büsch) auf ungefähr 40, ihre Breite auf 6 Fuß angenommen werden.

d) Die Geschwindigkeit der Kraft C ist am vortheilhaftesten = 0,54 . c . tang. u, wenn c die mittlere Geschwindigkeit des Windes, und u den Winkel ausdrückt, welchen die Ebene des Flügels mit der Achse der Hauptwelle macht.

e) Die mittlere Geschwindigkeit des Windes c kann immer = 20 Fuß gesetzt werden.

331. Nach diesen Voraussetzungen wird daher, wenn u = 70°, der Durchmesser des Läufers = 4, seine Höhe = 1,5 Fuß, die Anzahl seiner Umläufe in 1 Minute = 50 gesetzt wird,

$$C = 0{,}54 \cdot 20 \cdot \text{tang. } 70^\circ, \text{ oder}$$

$$\log. C = \log. 0{,}54 + \log. 20 + \log. \text{tang. } 70^\circ$$

$$= 1{,}30103$$

$$+ 0{,}43893$$

$$- 0{,}26761$$

$$1{,}47235 = \log. 29{,}67, \text{ also}$$

$$C = 29{,}67 \text{ Fuß.}$$

Der cubische Inhalt des Läufers ist

$$= \frac{d^2\pi}{4} \cdot 1{,}5 = \frac{16 \cdot 3{,}14}{4} \cdot 1{,}5 = 18{,}84 \text{ c. F.}$$

sein Gewicht also (184) = 3014,4 ℔., folglich

$$Q = \frac{3015}{54} = 55{,}8, \text{ und}$$

$$G = d\pi \cdot \frac{5}{6} = \frac{4 \cdot 5 \cdot 3{,}14}{6} = 10{,}4 \text{ Fuß.}$$

Daher wird $P = \frac{Q.G}{C} = \frac{55,8 \times 10,4}{29,67} = 19,5$ ℔.

Zusatz 1. Hätten wir den Flügeln (nach Büsch's Angabe) 40 Fuß Länge gegeben, so wäre der Durchmesser des ganzen Kreises, welchen das äusserste Ende des Flügels beschreibt = 80, die Peripherie also = 80 . 3,14 = 251,20, die Umlaufszeit also

$= \frac{251,20}{29,67} = 8,4$ Sekunden.

Die Anzahl der Triebstöcke verhält sich zu der Anzahl der Zähne des Kammrades (184.) = die Umlaufszeiten, hier also

$= \frac{6}{5} : 8,4 = 6 : 42 = 1 : 7$. Hätte man also dem Trillinge 9 Stöcke gegeben, so müßte man dem Kammrade 63, oder besser, 64 Kämme geben.

Zusatz 2. Die Umdrehung der Mühle (des Daches), um die Hauptwelle in den Windstrich zu bringen, geschieht entweder durch einen langen Baum, (als Hebel) welchen man Sterz nennet, oder durch Zahn und Getriebe.

Zusatz 3. Soll die Mühle stille stehen, so wird die Hemmung der Bewegung der Flügel durch die sogenannte Premse bewerkstelliget. Sie ist gewöhnlich ein Halbkreis, an welchem sich Gewichte befinden, und welcher auf die Hauptwelle gelegt wird.

V.

Von dem Sonnenlichte.

332. Wenn in den festen Körpern die niedrigste Stufe der Expansion, in den tropfbar Flüssigen Gleichheit der Actionen, in den Dunst- und Gasarten ein Ueberwiegen der Expansion offenbar wurde, so erscheint uns das Maximum der Expansion in dem Sonnenlichte, und analog demselben (nur weniger rein) in jeder Lichterscheinung; denn „jeder irdische Körper, „sagt Ritter, beginnt durch steigende Erhöhung seiner Temperatur die Rolle einer Sonne im Kleinen „zu spielen." Da aber das Sonnenlicht seiner mächtigen Expansion ungeachtet den allgemeinen Charakter der Dualität in sich tragen muß, so ist es selbst wieder die Erscheinung der Einigung des materiellen mit dem ideellen Factor der Natur. Aber an der Gränze des absoluten Sieges der Expansion kann die Materialität eben so wenig geläugnet, als empirisch nachgewiesen werden. Daher muß es, den Fesseln der Contraction und der Schwere im Maximo entrückt, als äußerst fein und nicht schwer (imponderabel) erscheinen. Da überdieß der expansive Factor das Prinzip

alles Lebens in der Natur ist, so muß dem Lichte höchste Lebendigkeit, und, weil sich in der unorganischen Natur das Leben in Bewegung ankündet, höchste Beweglichkeit zukommen.

Zusatz 1. „Daher kann, wie Soldner sehr „richtig bemerkt, von einem besondern Lichtstoffe eben „so wenig die Rede seyn, als man von einem Dampf- „und Flüssigkeitsstoffe spricht; jeder Körper ist Licht- „stoff."

Zusatz 2. Von der Feinheit des Sonnenlichtes hatte man von jeher einen hohen Begriff, wozu schon die einfache Erfahrung, daß man durch die kleinste Oeffnung, welche in ein Platt Papier gestochen wird, eine unzählige Menge Gegenstände übersieht, hinführte. Man hat sich deßwegen in der ältern Physik sehr bemühet, die Lockernheit des Sonnenlichtes in langen Berechnungen aufzufinden, und glaubte gefunden zu haben, es sey an der Sonne selbst 2500 Trillionenmal, an der Erdoberfläche aber Quadrillionenmal lockerer, als atmosphärische Luft. In den neuesten Zeiten selbst sagt Young noch, er sey geneigt zu glauben, „daß es die Substanz aller Körper mit we- „nig oder keinem Widerstande, vielleicht so frey durch- „dringt, als der Wind durch einen Wald fährt."

Zusatz 3. Die ungeheure Beweglichkeit des Sonnenlichtes führte ehemals auf die Vermuthung, die Fortpflanzung desselben geschehe momentan, und durch die größten Räume in einem unmerkbaren Zeitdifferentiale, bis der dänische Astronom Römer aus den Beobachtungen der Jupiterstrabanten auf eine Zeit der Fortpflanzung schloß, welches von Bradley ganz außer Zweifel gesetzt wurde. Daraus ergab sich, daß das Sonnenlicht von der Sonne bis zu der Erde

sich in 8 Min. $7\frac{1}{2}$ Sek. bewege, folglich in einer Sekunde mehr als 40000 geograph. Meilen durchlaufe. Segner glaubt aus der Erfahrung, daß eine glühende Kohle, im Kreise herumgetrieben, einen ununterbrochenen Kreis zu bilden scheint, die Dauer des Eindruckes auf unser Auge $= \frac{1}{2}$ Sekunde setzen zu dürfen. Dauerte er aber auch nur $\frac{1}{10}$ Sekunde, so würde doch ein Theilchen des Sonnenlichtes von dem andern um mehr als 4000 geograph. Meilen abstehen können, ohne daß wir die Unterbrechung wahrnehmen könnten.

333. Die Verbreitung des Sonnenlichtes geschieht allseitig (in Sphaeram) und für einen bestimmten Punkt geradelinicht (nach den Radien der Sphäre) und zwar so, daß die Intensität desselben abnimmt im Quadratverhältnisse der Abstände; denn es sey (Fig. 86.) C ein Punkt, aus welchem nach allen Seiten Licht ausgeht. Fällt ein Theil desselben (der Strahlenkegel A C B) auf die Fläche A B, so wird diese in der Entfernung C D $=$ D ganz, in der Entfernung C d $=$ d aber nur ihr Theil a b beleuchtet, und auf diesem wie auf jenem die gleiche Quantität Licht aufgefangen. Daher wird sich auf beyden die Stärke der Beleuchtung B b umgekehrt verhalten, wie die Basen der Kegel A C B, a C b, und diese wie die Quadrate der Höhen C D, C d, oder der Entfernungen D, d, folglich

$$B : b = d^2 : D^2.$$

Die Stärke der Beleuchtung hängt aber auch von der Intensität des Lichtes an der Quelle I, i ab, und es wird

$B : b = I : i$, daher

$B : b = Id^2 : iD^2$

$= \frac{I}{D^2} : \frac{i}{d^2}$

Zusatz 1. Rumford hat mit seinem Photometer die obige Proportion bestätiget; denn eine Kerze gab eine eben so gute Beleuchtung, als zwey Kerzen, wenn ihre Entfernungen von dem beleuchteten Gegenstande waren

für 2 Kerzen,	für 1 Kerze,	ihre Quadrate also
60,8 eng. Z.	43,4	= 3696,64 : 1883,56
54,0 ; ;	38,6	= 2916,00 : 1489,96
54,6 ; ;	39,7	= 2981,16 : 1575,09
58,5 ; ;	42,2	= 3410,56 : 1780,84
	Mittel	= 3251,09 : 1682,61
	ungefährt	= 2 : 1

Eine argandische und eine gemeine Lampe, deren Licht sich zu einander verhielt = 25 : 1, gaben gleiche Beleuchtung, wenn sich die Quadrate ihrer Entfernungen zu einander verhielten, wie die Intensitäten, z. B. wenn jene 101, diese 20 engl. Zolle betrug.

Zusatz 2. Erleuchten zwey Kerzen eine Fläche in gleichen Entfernungen gleich, so werden, weil $b = B$, $d^2 = D^2$, auch die Intensitäten an der Lichtquelle, oder I, i gleich seyn. Ist hingegen die Entfernung ungleich, und die Stärke der Beleuchtung doch gleich, so wird

$Id^2 = iD^2$, folglich

$I : i = D^2 : d^2$.

Zusatz 3. Sind zwey Flächen gegen das Licht so gestellt, daß es nur schief darauf fallen kann, so

muß

muß die Stärke der Beleuchtung noch in einer andern Rücksicht, nämlich nach dem Sinus des Neigungswinkels, sich verändern, weil für die Fläche AB, wenn sie unter dem Winkel $\alpha B \beta$, $\gamma B \delta$ geneigt ist, das Licht αCA, γCA verloren geht. Sind daher die Neigungswinkel N, n, so wird

$$B : b = I \cdot d^2 \cdot \text{Sin. } N : i \cdot D^2 \cdot \text{Sin. } n.$$

Zusatz 4. Ueber die Tauglichkeit verschiedener zur Beleuchtung anwendbarer Körper haben verschiedene Physiker Versuche angestellt, deren Resultate nicht ganz mit einander übereinstimmen. Nach Rumford ist die Quantität des in gleicher Zeit verzehrten Materiales, um gleiche Beleuchtung hervorzubringen, bey Wachs = 100
bey Talg, wohl geputzt und hell brennend = 101
trübe brennend = 229
bey Olivenöl in einer argand. Lampe = 110
in einer gemeinen Lampe = 129
bey Rübsenöl in einer argand. Lampe = 125
bey Leinöl = 120

Es kostet also eine Beleuchtung mit Wachs ungefähr 9mal mehr, als eine gleiche mit Talg.

Hassenfratz bestimmte die Stärke der Beleuchtung nach der Entfernung von der Lichtquelle, in welcher die nämliche Beleuchtung hervorgebracht wurde, und fand sie
für Mohnöl in argand. Lampe = 10 Metres
in gemeiner Lampe = 5,917 "
für Rübsenöl in argand. Lampe = 9,246 "
in gemeiner Lampe = 6,774 "
für Talglichter, alte und neue = 5,473 "
für weisse Wachskerzen = 4,275 "

Die schwächste und überdieß theuerste Beleuchtung giebt daher weisses Wachs, die stärkste und wohlfeilste Mohnöl in argandischen Lampen.

Hermbstädt fand, wenn die Beleuchtung von weissem Wachs = 100,0 angenommen wird, die Beleuchtung von Kerzen aus Wachs und Talg, aus Wallrath und Talg, aus Wallrath, Wachs und Talg, und aus reinem Talg verschieden, und zwar am besten (= 126) die von Kerzen aus 2 Theilen Talg und 1 Theile Wachs, am schwächsten (= 96,3) die von Kerzen aus reinem Wallrathe. Unter Kerzen von reinem Talg war die Beleuchtung um so stärker, je dünner die Kerzen waren. Die ökonomische Anwendung der Beleuchtung steht im geraden Verhältnisse der Beleuchtung, und im umgekehrten der in einer gleichen Zeit verzehrten Masse, und in dieser Hinsicht ergiebt sich die größte Anwendbarkeit für Kerzen aus Talg 9 Stücke auf das Pfund, die kleinste für Kerzen aus reinem Wallrathe.

334. So sehr das Sonnenlicht durch seine Expansion der Materialität entrückt ist, so bleibt es deßwegen doch materiell, und wird sich daher mit andern Substanzen verschieden verbinden, auf sie einwirken, und von ihnen afficirt werden können. Aber diese Wirkungen werden meistens chemischer Art seyn müssen, weil die physische Wirkung wegen der unendlich kleinen Quantitas motus nie bedeutend seyn kann.

Zusatz. Beweise für die chemische Wirkung des Lichtes finden wir häufig in allen Reichen der Natur. Der von Decandolle genauer untersuchte Schlaf der Pflanzen, die Farbenveränderung ihrer Blätter, Blu-

men und Früchte (vorzüglich gesammelt von Heinrich), Gay Lussac's, Rumford's und Bertholet's Versuche über die Zersetzung von Silber- und Goldauflösungen, Zersetzung von Säuren, Verpuffung einer Mischung oxydirter Salzsäuren mit Wasserstoffgas, Zersetzung verschiedener Farben u. dgl., lassen an der chemischen Wirksamkeit des Sonnenlichtes nicht zweifeln.

335. Vorzüglich interessant ist die Wirkung des Sonnenlichtes zur Erhöhung der Temperatur, wodurch es zur allgemeinen Wärmequelle der Erde und aller Planeten wird. Nicht selten hat man das Sonnenlicht selbst als unmittelbar erwärmend angesehen. Allein wenn schon die Expansion im Sonnenlichte ihr Maximum erreicht hat, und die Wärmeerscheinungen nur Wirkungen der erhöhten Expansion sind, so kann ein Stoff doch nur dann unmittelbar erwärmend seyn, wenn sein expansiver Factor aus demselben heraustritt. So wenig Dünste und Gasarten, ungeachtet auch sie das Product einer höhern Stufe der Expansion sind, unmittelbar erwärmend sind, sondern erst bey einer chemischen Veränderung eine Temperaturerhöhung hervorbringen können, eben so wenig das Sonnenlicht. Vielmehr ist der Expansionszustand ein Beweis erhöhter Capazität, und das Sonnenlicht nur durch dieselbe als solches in der Natur. Hingegen kann das Sonnenlicht als erregende Potenz auf die Substanzen wirken, dadurch ihren expansiven Factor freyer machen, und so ihre Temperatur erhöhen.

Zusatz 1. Deßwegen kann die Sonne den Schnee in den höchsten Gebirgen selbst unter dem Aequator nicht schmelzen, deßwegen nimmt die Temperatur in den höhern Gegenden der Atmosphäre ab, deßwegen

werden durchsichtige Körper weniger warm, als undurchsichtige u. s. w.

Zusatz 2. Rumford's Versuche mit gleichen Linsen, welche er in verschiedenen Abständen vor die am Wachslichte geschwärzte Seite messingener mit Wasser gefüllter Gefäße stellte, und durch welche er das Sonnenbild in verschiedener Grösse auf dieselbe fallen ließ, beweisen, daß die verursachte Temperaturerhöhung sich nur nach der Quantität, nicht nach der Intensität des Sonnenlichtes richte.

336. Wenn das Sonnenlicht einer andern Materie begegnet, so werden sie auf einander wirken, und es giebt keine, welche dem so ungemein beweglichen Sonnenlichte nicht einige Hindernisse, und dadurch in demselben der Quantität, oder der Bewegung nach einige Veränderungen verursachte. Eine Veränderung der Quantität nach giebt in den verschiedenen Stufen durchsichtige, durchscheinende, undurchsichtige Substanzen. Eine Veränderung der Bewegung nach kann nur eine Ablenkung von der geradlinigten Verbreitung des Sonnenlichtes geben.

Zusatz 1. Wegen der gegenseitigen allgemeinen Wirkung der Materien aufeinander kann es keinen vollkommen durchsichtigen Körper geben, sondern es bleibt immer ein Theil des Lichtes in chemischer Verbindung, während ein anderer entweder seiner Beweglichkeit, oder seiner geringen Verwandtschaft wegen sogleich wieder frey gemacht wird.

Zusatz 2. Rumford's Versuche zeigen, daß das Licht einer argandischen Lampe durch eine polirte Spiegelglastafel 0,1973 durch eine andere 0,1869, und

durch beyde zugleich 0,3184 an Quantität verloren habe.

Zusatz 3. Wenn ein Körper das auf ihn fallende Licht bindet, so entsteht hinter ihm ein lichtleerer Raum, den man Schatten nennt. Ist die Lichtquelle ein blosser Punkt a, (Fig. 87.) so ist der Schatten genau durch die Linie begränzt, welche durch ihn und den obersten Punkt des Körpers c nach der Fläche df, auf welcher der Schatten entworfen wird, gezogen werden kann. Ist die Lichtquelle aber selbst ein leuchtender Körper ab, so fallen von b in den Theil des Schattens ef noch Lichtstrahlen, wodurch der Schatten selbst an Tiefe verliert, und deßwegen Halbschatten heißt, zum Unterschiede von dem tiefen Schatten de, welcher Kernschatten heißt. Man sieht leicht, daß der Kern- und Halbschatten desto grösser seyn müsse, je kleiner der Winkel afg, oder je kleiner die Höhe des leuchtenden Punktes ag ist. Daher sind am Morgen und Abende die Schatten immer größer und unbegränzter, als am Mittage. Erklärung der Sonnen- und Mondsfinsternisse.

Zusatz 4. Ein Körper muß offenbar so viele Schatten werfen, als Lichtquellen auf ihn wirken; entgegengesetzte Beleuchtungen müssen aber die entgegengesetzten Schatten selbst aufheben.

α. Brechung des Lichtes. Dioptrik.

337. Leidet das Sonnenlicht eine Veränderung in seiner Bewegung, so kann sie nur eine Veränderung der ursprünglichen Richtung seyn, woraus entweder eine Brechung, oder eine Reflexion hervorgeht.

Die Lehre von der Brechung des Sonnenlichtes führt den Namen der Dioptrik, die von der Reflexion der Katoptrik. Jene wird bewirkt von durchsichtigen Körpern, diese von undurchsichtigen mit mehr oder weniger polirten Oberflächen.

338. Da das Sonnenlicht an der Extremität der Expansion steht, so muß das Gesetz seiner Brechung dem Gesetze der Brechung fester Körper entgegengesetzt seyn. Die Erfahrung weiset auch wirklich nach, daß

a) das Sonnenlicht bey seinem Eintritte aus einem lockern in ein dichteres Medium zu, bey seinem Eintritte aus dem dichtern in's lockere von dem Einfallslothe gebrochen werde.

b) Das Verhältniß des Sinus des Einfallswinkels Lcp = dca (Fig. 88.) zu dem Sinus des Brechungswinkels dce bleibt bey den nämlichen Medien constant, verändert sich aber mit jedem neuen Medium.

Zusatz 1. Wenn daher (Fig. 88.) Lc der auf den Würfel cbad (z. B. aus Glas) einfallende Strahl ist, so wird er nach seinem Eintritte in c nicht in der Fortsetzung seiner angefangenen Bewegung in ca fortgehen, sondern sich dem Einfallslothe cd nähern, und etwa die Richtung ce nehmen. Wenn er aber bey e wieder aus dem Glase in die Luft übergeht, so wird er, anstatt in der Verlängerung seiner Richtung nach ef zu gehen, sich von dem Einfallspunkte pπ entfernen, und etwa in die Richtung el übergehen.

Zusatz 2. Das Verhältniß des Einfallssinus zum Brechungssinus hat die Erfahrung nachgewiesen,

wenn der Strahl übergeht aus einem der folgenden Medien in atmosphärische Luft

bey destillirt. Wasser v. 14° Reaum.	= 1 : 1,333	nach Rochon
Weingeist	= 1 : 1,378	nach Rochon
Salmiakauflösung . .	= 1 : 1,382	nach Rochon
Salpetersäure . . .	= 1 : 1,412	
Schwefelsäure . . .	= 1 : 1,428	
Olivenöl	= 1 : 1,466	nach Newton
Terpentinöl	= 1 : 1,470	nach Newton
Frauenglas	= 1 : 1,487	
Crownglas	= 1 : 1,532	
Gemeinem Glas	= 1 : 1,543	
Bergcrystall	= 1 : 1,575	nach Rochon
Flintglas	= 1 : 1,613	nach Rochon
Isländischem Crystall . .	= 1 : 1,625	nach Rochon
Diamant	= 1 : 2,755	nach Rochon

Das Brechungsvermögen der atmosphärischen Luft = 1 gesetzt, ist nach Biot und Arago das des

Sauerstoffgases	= 0,86161
Kohlensaurengases	= 1,00478
Stikstoffgases	= 1,03408
Kohlenwasserstoffgas.	= 2,09270
Ammoniakalgases	= 2,16816
Wasserstoffgases	= 6,61436.

Zusatz 3. Setzt man allgemein das Brechungsverhältniß = m : n, den Einfallswinkel = i, den Brechungswinkel = r, so wird allgemein

Sin. i : Sin. r = m : n.

Zusatz 4. Wird i = o, so muß eben deßwegen auch r = o werden, und ein senkrecht einfallender Strahl ohne Brechung durch das Medium gehen.

Zusatz 5. Bey den Wirkungen der Brechung darf aber die Form des brechenden Mediums nicht übersehen werden. Fallen z. B. auf den prismatischen Körper ABC (Fig. 89.) die Strahlen ab, cd, ef, gh, so werden sie nach ihrer Brechung in d, b, f, h, in die Richtungen dk, bi, fl, hm, und bey ihrem Austritte in die Richtungen lλ, mμ, iυ, kκ kommen, also die auf AB einfallenden an der Seite AC und umgekehrt austreten.

339. Hieraus ist es leicht, die Lage eines Strahles nach der Brechung sowohl durch Zeichnung, als (noch genauer) durch Rechnung zu bestimmen. Es sey (wie oben) Lc der einfallende Strahl, so ist der Sinus des Einfallswinkels = gh. Theilt man diesen in i und k in 3 gleiche Theile, und zieht man parallel mit ihm die Linie nm = gi, so wird diese, wenn das Medium Glas ist, den Sinus des Brechungswinkels, also m den Punkt bestimmen, durch welchen die Richtung des Strahles im Glase geht.

Zusatz. Eben so leicht läßt sich diese Lage aus der oben (338. Zus. 3.) angegebenen Proportion finden; denn da allgemein

Sin. i : Sin. r = m : n

bey Glas aber = 1,542 : 1, oder ungefähr

= 3 : 2 ist, so wird

Sin. i : Sin. r = 3 : 2, oder

Sin. r = $\frac{2}{3}$ Sin. i, also

Log. Sin. r = Log. $\frac{2}{3}$ + Log. Sin. i.

340. Die meisten brechenden Medien bewirken unter gewissen Umständen ein Zusammentreten aller auf dieselben auffallender Strahlen. Obwohl nun zwischen zwey gegebenen Medien das Brechungsverhältniß constant ist, so ändert doch die Form des

Mediums viel ab in Rücksicht des Punktes, in welchem dieses Zusammentreten (Sammeln) geschieht.

Zusatz 1. Wir handeln hier ausschliessend von dem Glase als brechendem Medium, und da kennen wir ausser der Kugel (Fig. 90.) und Halbkugel a) das convex-convexe, b) das plan-convexe, c) das concav-concave, d) das plan-concave, e) den Meniscus, f) das Uhrglas, und g) das plane Glas. a, b, c, d werden sonst auch unter dem Namen der erhabenen und hohlen Linsen zusammengesetzt.

Zusatz 2. Offenbar kann die Form dieser Gläser, und folglich auch ihre Wirkung sehr verschieden seyn, je nachdem die Krümmung ihrer Oberfläche einem Gesetze folgt, wodurch sie parabolisch, elliptisch u. s. w. seyn können. Wir sprechen hier nur von den gewöhnlichsten, d. i., den kugelförmigen Oberflächen.

Zusatz 3. Man muß bey allen Gläsern den Mittelpunkt der Glasdicke c (Fig. 91.) von den Mittelpunkten der Seitenflächen k und κ wohl unterscheiden. Eine gerade Linie Lλ, welche durch c, k und κ zugleich geht, heißt die Hauptachse des Glases, aber jede andere Linie, welche nur durch c geht, Nebenachse. Die der Lichtquelle gegenüberstehende Seite heißt immer Vorderseite.

Zusatz 4. Wir beginnen von einem leuchtenden Punkte L, dessen Strahlenkegel pLπ auf das erhabene Glas sσ fällt. Aus dem oben Gesagten ist es klar, daß die äussersten Strahlen Lp, und Lπ bey ihrem Eintritte in das Glas und ihrem Austritte aus demselben gebrochen werden, und sich hinter dem Glase in einem Punkte der Hauptachse Lλ durchschneiden müssen. Diesen Punkt heißt man Samm-

lungspunkt, und die Entfernung desselben von dem Glase Sammlungsweite.

341. Es ist vorzüglich wichtig, diese Sammlungsweite für jedes Glas zu bestimmen. Das allgemein bekannte Gesetz der Brechung führt leicht auf eine mechanische Auflösung dieser Aufgabe. Es seyen nämlich k und $\varkappa$ die Mittelpunkte der Seitenflächen, so werden die von ihnen auf p nnd q gezogenen Radien, weil sie darauf senkrecht sind, die Stelle der Einfallslothe vertreten.

Bey dem Eintritte des Strahles wird daher $\varkappa$pu der Einfallswinkel. Da bey dem Glase (338. Zus.) Sin. i : Sin. r, oder wegen der Kleinheit der Winkel i : r = 3 : 2, so wird, wenn pq so gezogen wird, daß $\varkappa$pu : λpu = 3 : 2, pq die Lage des Strahles nach der ersten Brechung im Glase vorstellen, und der Strahl würde ohne eine zweyte Brechung die Achse Lλ in λ durchschneiden. Allein bey seinem Austritte in q wird er neuerdings gebrochen, so, daß i : r = 2 : 3 wird. Zieht man daher qf so, daß w qλ : wqf = 2 : 3 ist, so wird qf die Lage des Strahles nach der zweyten Brechung vorstellen, und dadurch der Durchschneidungs- (Sammlungs-) punkt f an der Achse, und also auch die Sammlungsweite bf gegeben seyn.

342. Die Mathematik führt durch folgenden Calcul auf eine für alle brechende Medien, und alle möglichen Fälle geltende Formel. Es sey in der vorigen Figur der Abstand des leuchtenden Punktes La = d

Radius der Vorderseite $\varkappa$p = r

Radius der Hinterseite kq = ρ

die Dicke des Glases ab = δ

das Brechungsverhältniß = m : n.

In dieser Voraussetzung wird

$$\varkappa p u : \varkappa p \lambda = m : n.$$

$$\varkappa p \lambda = \frac{n}{m} . \varkappa p u.$$

Es ist aber als äusserer Winkel

$$\varkappa p u = p L \varkappa + L \varkappa p$$

und im Dreiecke $\varkappa p L$ ist

$$\varkappa p : L p = \text{Sin. } \varkappa L p : \text{Sin. } L \varkappa p,$$

oder wegen Kleinheit der Winkel

$$\varkappa p : L p = \varkappa L p : L \varkappa p, \text{ also}$$

$$L \varkappa p = \frac{L p}{\varkappa p} . \varkappa L p, \text{ und}$$

weil ohne merklichen Fehler $L p = L a = d$, und

$$\varkappa p = r,$$

$$L \varkappa p = \frac{d}{r} . \varkappa L p, \text{ folglich der Winkel}$$

$$\varkappa p u = \varkappa L p + \frac{d}{r} . \varkappa L p = \frac{(r+d) \varkappa L p}{r}, \text{ und}$$

$$\varkappa p \lambda = \frac{n}{m} . \frac{r+d}{r} . \varkappa L p$$

Im $\triangle$ $\varkappa p \lambda$ ist

$$\varkappa p : \varkappa \lambda = \varkappa \lambda p : \varkappa p \lambda, \text{ also}$$

$$\varkappa \lambda = \frac{\varkappa p}{\varkappa \lambda p} . \varkappa p \lambda, \text{ oder}$$

$$= r . \frac{n (r+d)}{m . r} . \frac{\varkappa L p}{\varkappa \lambda p}$$

Da $L \varkappa p = \varkappa \lambda p + \varkappa p \lambda$, also

$\varkappa \lambda p = L \varkappa p - \varkappa p \lambda$ ist, so wird es auch

$$= \frac{d}{r} . \varkappa L p - \frac{n (r+d)}{m . r} . \varkappa L p$$

$$= \left(\frac{d}{r} - \frac{n (r+d)}{m . r} \right) \varkappa L p$$

$$= \frac{(m-n) d - n r}{m r} . \varkappa L p, \text{ folglich}$$

$$\varkappa\lambda = \frac{rn\,(r+d)}{mr} \cdot \varkappa Lp : \frac{(m-n)\,d-nr}{mr} \cdot \varkappa Lp$$

$$= \frac{rn\,(r+d)}{(m-n)\,d-nr}$$

Da weiter $b\lambda = \varkappa\lambda + b\varkappa$, und weil

$$b\varkappa = r - \delta$$

$b\lambda = \varkappa\lambda + r - \delta$, so wird es

$$= \frac{rn\,(r+d)}{(m-n)\,d-nr} + r - \delta, \text{ oder}$$

$$= \frac{dnr + nrr + dmr - dnr - nrr}{(m-n)\,d-nr} - \delta$$

$$= \frac{d\,m\,r}{(m-n)\,d-nr} - \delta, \text{ und ohne merklichen}$$

Fehler $= q\lambda$ (I)

Der Strahl würde also ohne eine zweyte Brechung in λ die Achse durchschneiden. Bey der zweyten Brechung im Austritte aber wird

$$wq\lambda : wqf = n : m, \text{ und}$$

$$wqf = \frac{m}{n} \cdot wq\lambda, \text{ oder weil als}$$

äusserer Winkel im $\triangle\ q\lambda k$

$$wq\lambda = q\lambda k + qk\lambda, \text{ so wird}$$

$$wqf = \frac{m}{n} \cdot (q\lambda k + qk\lambda)$$

Es ist aber im $\triangle\ qk\lambda$

$$q\lambda : qk = \text{Sin. } qk\lambda : \text{Sin. } q\lambda k$$

$$= qk\lambda : q\lambda k, \text{ folglich}$$

$$qk\lambda = \frac{q\lambda}{\rho} \cdot q\lambda k, \text{ also}$$

$$wqf = \frac{m}{n}\left(q\lambda k + \frac{q\lambda}{\rho} \cdot q\lambda k\right)$$

$$= \frac{m\,(q\lambda + \rho)}{n \cdot \rho} \cdot q\lambda k$$

Es ist aber auch $wqf = qfk + qk\lambda$, also

$$qfk = wqf - qk\lambda, \text{ folglich}$$

$$= \frac{m(q\lambda + \rho)}{n \cdot \rho} \cdot q\lambda k - \frac{q\lambda}{\rho} \cdot q\lambda k$$

$$= \left(\frac{m(q\lambda + \rho)}{n \cdot \rho} - \frac{q\lambda}{\rho} \right) q\lambda k$$

$$= \frac{m(q\lambda + \rho)\rho - q\lambda \cdot n \cdot \rho}{n \cdot \rho \cdot \rho} \cdot q\lambda k$$

$$= \frac{(m-n)\, q\lambda + m\rho}{n \cdot \rho} \cdot q\lambda k$$

Da im $\triangle$ qfk

$qf : qk = qkf : qfk$, so wird

$$qf = bf = qk \cdot \frac{qkf}{qfk}, \text{ und weil}$$

$qkf = qk\lambda$,

$$= \rho \cdot \frac{q\lambda}{\rho} \cdot q\lambda k : \frac{(m-n)\, q\lambda + m\rho}{n \cdot \rho} \cdot q\lambda k$$

$$= \frac{q\lambda \cdot n \cdot \rho}{(m-n)\, q\lambda + m\rho}$$

Oben (I) war $q\lambda = b\lambda = \frac{d \cdot m \cdot r}{(m-n)\, d - n \cdot r} - \delta$

folglich wird der Zähler

$$q\lambda \cdot n \cdot \rho = \left(\frac{d \cdot m \cdot r}{(m-n)\, d - n \cdot r} - \delta \right) n \cdot \rho$$

$$= \left(\frac{dmr - \delta(m-n)\, d + \delta\, n \cdot r}{(m-n)\, d - n \cdot r} \right) n \cdot \rho$$

$$= \frac{dmrn\rho - \delta(m-n)\, dn\rho + \delta n \cdot r \cdot n \cdot \rho}{(m-n)\, d - n\, r}$$

Hingegen wird der Nenner

$$(m-n)\, q\lambda + m\rho = (m-n) \left(\frac{d \cdot m \cdot r}{(m-n)d - nr} - \delta \right) + m\rho$$

$$= (m-n) \left(\frac{dmr - (m-n)d\delta + nr\delta}{(m-n)\, d - n\, r} \right) + m\rho$$

$$= (m-n)\frac{dmr-(m-n)d\delta+nr\delta+(m-n)dm\rho-nrm\rho}{(m-n)d-nr},$$

also

$$bf = \frac{dmnr\rho-(m-n)\delta dn\rho+\delta nrn\rho}{(m-n)(dmr-(m-n)d\delta+nr\delta+(m-n(dm\rho-nmr\rho)}$$

Durch diese allgemein für alle sehr nahe an der Achse auffallende Strahlen geltende Formel ist der Punkt b, und die Lage des Strahles bq nach seinem Austritte aus dem dichtern Medium bestimmt.

Zusatz 1. Diese Formel vereinfacht sich aber sehr, sobald ein gegebenes Brechungsverhältniß zweyer Medien anstatt m : n gesetzt wird. Da es uns vorzüglich um die Brechung im Glase zu thun ist, so wird, weil dann m : n = 3 : 2 ist,

$$bf = \frac{6dr\rho-2\delta d\rho+4\delta r\rho}{3dr-\delta d+2\delta r+3d\rho-6r\rho}$$

Zusatz 2. Ueberdieß modificirt sich diese allgemeine Formel noch besonders für die verschiedenen Arten der Gläser (340. Zus. 1.).

Zusatz 3. Eben so muß sich die Formel nach der Lage der auffallenden Strahlen verändern. Die Strahlen können nämlich entweder a) divergiren, und nur für diesen Fall ist die Formel ursprünglich gebaut, oder b) parallel seyn, als welche Strahlen betrachtet werden können, welche von einem sehr weit entfernten Gegenstande kommen, z. B. von der Sonne, oder, wie man sonst gewöhnlich annimmt, von einem Gegenstande, dessen Entfernung 300000 mal gröſſer ist, als sein Durchmesser, oder c) convergiren, wozu parallele und divergirende durch Kunst gebracht werden können.

Zusatz 4. Wir haben nun die Modificationen dieser Formel in den verschiedenen Gläsern nachzuweisen.

343. Bey einer Kugel ist $r = \rho$, und $\delta = 2r$, daher wird

a) bey divergirenden Strahlen

$$bf = \frac{2drr + 8rrr}{4dr - 2rr} = \frac{dr + 4rr}{2d - r}$$

b) bey parallelen Strahlen wird $d = \infty$ in Verhältniß der Größe des Gegenstandes angenommen, daher

$$bf = \frac{\infty r + 4rr}{2\infty - r} = \frac{1}{2} r$$

c) bey convergirenden Strahlen fällt die Spitze des Strahlenkegels hinter das Glas, die Lage desselben ist daher seiner Lage bey divergirenden Strahlen, für welche die Formel berechnet ist, entgegengesetzt. Daher wird in der obigen Formel (a) d negativ, und daher

$$bf = -\frac{dr + 4rr}{-2d - r} = \frac{dr - 4rr}{2d + r}$$

Zusatz 1. Wenn die Strahlen nach ihrer Brechung die Achse hinter dem Glase durchschneiden, so heißt man dieselben Sammlungsgläser (Collective). Gehen sie aber so aus einem Glase heraus, daß der Durchschneidungspunkt an der Achse vor dem Glase liegt, so heissen die Gläser Zerstreuungsgläser. — Die ursprüngliche Formel ist für den ersten Fall berechnet, und die Sammlungsweite als positiv angenommen. Wenn daher die Sammlungsweite negativ wird, so wird das Glas ein Zerstreuungsglas.

Zusatz 2. Die Kugel wird daher immer ein Sammlungsglas seyn, so lange nicht bey divergirenden Strahlen $r > 2d$, und bey convergirenden Strahlen $4r > d$ ist.

Zusatz 3. Die Sammlungsweite paralleler Strahlen führt den Namen der Fokallänge (Brennweite), so wie der Sammlungspunkt derselben selbst Brennpunkt (Focus) heißt.

Zusatz 4. Bey der Kugel ist daher die Brennweite $= \frac{1}{2} r$, welche sich in jedem Glase dadurch finden läßt, daß man es einem Fenster gegenüber an eine Wand hält, und die Entfernung von der Wand mißt, in welcher die Gegenstände auffer dem Fenster am deutlichsten abgebildet werden. Diese Entfernung ist = der Brennweite.

344. Das convex-convexe Glas ist gewöhnlich so geschliffen, daß die Dicke des Glases in Vergleichung mit den Radien desselben als verschwindend betrachtet werden kann. Daher wird bey diesen Gläsern $\delta = 0$, und dadurch die allgemeine Formel (342. Zus. 1.)

a) bey divergirenden Strahlen

$$bf = \frac{6drp}{3dr+3dp-6rp} = \frac{2drp}{d(r+p)-2rp}$$

b) bey parallelen

$$bf = \frac{2\infty rp}{\infty(r+p)-2rp} = \frac{2rp}{r+p}$$

c) bey convergirenden

$$bf = \frac{-2drp}{-dr-dp-2rp} = \frac{2drp}{d(r+p)+2rp}$$

Zusatz 1. Dieses Glas ist daher bey parallelen und convergirenden Strahlen immer Sammlungsglas,

und

und wird nur Zerstreuungsglas bey divergirenden Strahlen, wenn $2 r \rho > d (r + \rho)$. Die Fokallänge, die wir immer mit φ bezeichnen wollen, ist

$$= \frac{2 r \rho}{r + \rho}$$

Zusatz 2. Aus der obigen Formel geht uns eine andere sehr bequeme hervor, in welcher nur die Entfernung des leuchtenden Punktes d und die Fokallänge φ als gegeben vorausgesetzt werden darf. Dividirt man nämlich Zähler und Nenner der vorigen Formel durch die Summe der Radien $= r + \rho$, so wird

a) für divergirende Strahlen

$$bf = \frac{d \cdot 2 r \rho}{r + \rho} : \frac{d (r + \rho)}{r + \rho} = \frac{2 r \rho}{r + \rho}$$

Es ist aber (vor. Zus.) $\frac{2 r \rho}{r + \rho} = \varphi$, also

$$bf = d \cdot \varphi : d - \varphi$$

$$= \frac{d \varphi}{d - \varphi}$$

b) bey parallelen Strahlen also

$$bf = \varphi$$

c) bey convergirenden aber

$$bf = \frac{d \varphi}{d + \varphi}$$

Zusatz 3. Bey diesen Gläsern ist es gewöhnlich, die Radien der beyden Seitenflächen einander gleich zu machen. Dadurch wird $r = \rho$, folglich

a) bey divergirenden Strahlen

$$bf = \frac{dr}{d-r}.$$

b) bey parallelen

$$bf = r$$

c) bey convergirenden

$$bf = \frac{dr}{d+r}.$$

Zusatz 4. Nach Zus. 2. wird ($\varphi = r$ gesetzt) auch

$$bf = \frac{d\varphi}{d-\varphi} \text{ u. s. w.}$$

345. Bey einem planconvexen Glase muß der Radius der flachen Seite $= \infty$ gesetzt werden, und es wird daher, wenn die erhabene Seite dem leuchtenden Punkte entgegensteht, $\rho = \infty$, daher (343.)

a) bey divergirenden Strahlen

$$bf = \frac{2dr\infty}{dr+d\infty-2r\infty} = \frac{2dr}{d-2r}$$

b) bey parallelen

$$bf = \frac{2\infty r}{\infty-2r} = 2r$$

c) bey convergirenden

$$bf = \frac{-2dr}{-d-2r} = \frac{2dr}{d+2r}$$

Zusatz 1. Da hier $2r = \varphi$, so wird nach 344. Zus. 2.

a) bey divergirenden Strahlen

$$bf = \frac{d\varphi}{d-\varphi}$$

b) bey parallelen

$$bf = \varphi$$

c) bey convergirenden

$$bf = \frac{d\,\varphi}{d + \varphi}$$

Zusatz 2. Wäre die flache Seite dem leuchtenden Punkte entgegengekehrt, so wäre die Wirkung die nämliche, weil $\rho = r$ wird.

Zusatz 3. Dieses Glas ist daher immer ein Sammlungsglas, ausgenommen, wenn bey divergirenden Strahlen $2r$ oder $\varphi > d$ wird.

346. Bey einem concav-concaven Glase (Hohlglase) haben die Radien eine der in der allgemeinen Formel angenommenen entgegengesetzte Lage, werden also negativ, und daher

a) bey divergirenden Strahlen

$$bf = \frac{2\,d\,.\,-r\,.\,-\rho}{d.-r+d.-\rho-2.-r.-\rho} = \frac{-2\,d\,r\,\rho}{+d(r+\rho)+2r\rho}$$

b) bey parallelen

$$bf = \frac{-2\infty\,r\rho}{\infty\,(r+\rho)-2r\rho} = \frac{-2r\rho}{r+\rho}$$

c) bey convergirenden

$$bf = \frac{2\,r\,\rho\,.\,-d}{-d\,(r+\rho)+2r\rho} = \frac{2\,d\,r\,\rho}{d(r+\rho)+2r\rho}$$

Zusatz 1. Dieses Glas ist daher beynahe immer Zerstreuungsglas, den einzigen Fall ausgenommen, wenn bey convergirenden Strahen $d\,(r+\rho) > 2\,r\,\rho$ ist. Ist nämlich (Fig. 92.) L der leuchtende Punkt, k und $\varkappa$ die Mittelpunkte der Vorder- und Hinterseite des Glases $s\,\sigma$, so wird der in der Richtung $L\,w$ in

p auffallende Strahl zu dem Einfallslothe k u gebrochen, wodurch er in die Richtung p q kömmt. Bey seinem Austritte in q aber wird er wieder von dem Einfallslothe κ q gebrochen, und geht in der Richtung q t so aus dem Glase, als wenn er ohne Glas von dem Punkte f der Achse ausgegangen wäre. Das Nämliche gilt von dem Strahle L π, so, daß sie nach ihrem Austritte den Winkel t f τ bilden, während sie von L unter dem Winkel p L π ausgegangen, also mehr divergirend geworden sind.

Zusatz 2. Heißt hier die Zerstreuungsweite — φ, so erhalten wir, weil $\frac{-2r\rho}{r+\rho} = -\varphi$ ist, durch eine Division durch die Summe der Radien $-r-\rho$, wie oben für die Linse eine sehr bequeme Formel. Es wird nämlich

a) bey divergirenden Strahlen

$$bf = d.\frac{-2r\rho}{-r-\rho} : \frac{d(r+\rho)}{-r-\rho} + \frac{2r\rho}{-r-\rho}$$

$$= -d.\frac{-2r\rho}{r+\rho} : \frac{-d(-r-\rho)}{-r-\rho} + \left(\frac{-2r\rho}{r+\rho}\right)$$

$$= \frac{-d.-\varphi}{-d+(-\varphi)} = \frac{d\varphi}{-d-\varphi} = -\frac{d\varphi}{d+\varphi}$$

b) bey parallelen

$$bf = -\varphi$$

c) bey convergirenden

$$bf = \frac{-d\varphi}{d-\varphi} = \frac{d\varphi}{-d+\varphi}$$

Zusatz 3. Sind die Radien, wie gewöhnlich, gleich, so wird wegen $r = \rho$

a) bey divergirenden Strahlen

$$bf = \frac{-dr}{d+r}$$

b) bey parallelen

$$bf = -r$$

c) bey convergirenden

$$bf = \frac{dr}{-d+r}$$

Zusatz 4. Da $-\varphi = -r$, so wird auch hier bey divergirenden Strahlen $bf = \frac{-d\varphi}{d+\varphi}$ u. s. w.

347. Bey dem planconcaven Glase, dessen hohle Seite gegen den leuchtenden Punkt gekehrt ist, wird r negativ, und $\rho = \infty$, also

a) bey divergirenden Strahlen

$$bf = \frac{2d.-r.\infty}{d.-r+d.\infty+2r.\infty} = -\frac{2dr}{d+2r}$$

b) bey parallelen

$$bf = \frac{-2\infty r}{\infty+2r} = -2r$$

c) bey convergirenden

$$bf = \frac{d\,2r}{-d+2r}$$

Zusatz 1. Da hier $-2r = -\varphi$, so wird, wie oben (346. Zus. 2.) bey dem concav-concaven Glase

a) bey divergirenden Strahlen

$$bf = \frac{-d\varphi}{d+\varphi}$$ u. s. w.

Zusatz 2. Wäre die ebene Seite dem leuchtenden Punkte zugekehrt, so würde sich in der Forme nichts ändern, weil $-r = -\rho$ ist.

Zusatz 3. Dieses Glas ist also auch, wie das vorherbehandelte, beynahe immer Zerstreuungsglas, und wird nur zum Sammlungsglase, wenn bey convergirenden Strahlen $= 2r$ oder $\varphi > d$ wird.

348. Der Meniskus hat für seine hohle Seite einen grössern Radius als für seine erhabene, aber die Mittelpunkte derselben fallen immer auf eine und die nämliche Seite der Achse, weßwegen auch immer einer derselben in der allgemeinen Formel negativ werden muß. Es ist aber auch hier gleichgültig, welche Seite dem leuchtenden Punkte zugekehrt ist.

349. Stellen wir die erhabene Seite dem leuchtenden Punkte entgegen, so ist ρ negativ, und $\rho > r$. Daher wird

a) bey divergirenden Strahlen

$$bf = \frac{2dr.-\rho}{dr+d.-\rho-2r.-\rho} = \frac{-2dr\rho}{d(r-\rho)+2r\rho}$$

b) bey parallelen

$$bf = \frac{-2\infty r\rho}{\infty(r-\rho)+2r\rho} = \frac{-2r\rho}{r-\rho}$$

c) bey convergirenden

$$bf = \frac{2dr\rho}{-dr+d\rho+2r\rho}$$

Zusatz 1. Da hier die Fokallänge $\frac{-2r\rho}{r-\rho}$, weil $\rho > r$, immer positiv $= \varphi$ bleibt, so wird (nach 344. Zus. 2.), weil die Summe der Radien $= r-\rho$

a) für divergirende Strahlen

$$bf = \frac{d.-2r\rho}{r-\rho} : \frac{d(r-\rho)}{r-\rho} - \left(\frac{-2r\rho}{r-\rho}\right)$$

$$= \frac{d.\varphi}{d-\varphi} \text{ u. s. w.}$$

Zusatz 2. Dieses Glas ist daher bey der angegebenen Stellung nur dann Zerstreuungsglas, wenn bey divergirenden Strahlen $dr + 2r\rho > d\rho$, oder $\varphi > d$ wird.

Zusatz 3. Steht hingegen die hohle Seite dem leuchtenden Punkte gegenüber, so ist r negativ, und

a) bey divergirenden Strahlen

$$bf = \frac{2d\rho.-r}{-dr+d\rho-2\rho.-r} = \frac{-2drp}{-dr+d\rho+2r\rho}$$

b) bey parallelen Strahlen

$$bf = \frac{2d\rho.-r}{d.-r+d\rho-2\rho.-r} = \frac{-2dr\rho}{-dr+d\rho+2r\rho}$$

Da in dieser und der obigen Formel nur die Werthe von r und ρ gewechselt haben, übrigens aber in der nämlichen Verbindung stehen, so hat sich dadurch für den Werth von bf nichts geändert, und der Meniskus bleibt daher auch in dieser Stellung meistentheils Sammlungsglas.

350. Bey einem Uhrglase sind die beyden Seiten Kugelflächen von gleichen Radien, daher wird immer $r = \rho$; aber wenn die erhabene Seite dem leuchtenden Punkte zugekehrt ist, wird ρ negativ, folglich wird

a) bey divergirenden Strahlen

$$bf = \frac{2dr.-r}{dr+d.-r-2r.-r} = -d$$

b) bey parallelen

$$bf = -\infty$$

c) bey convergirenden

$$bf = d$$

Zusatz 1. Ein Uhrglas bringt daher, wenn seine Dicke, wie es in der Formel geschehen ist, = o gesetzt werden kann, gar keine dioptrische Wirkung hervor.

Zusatz 2. Das Resultat bleibt das nämliche, wenn die hohle Seite dem leuchtenden Punkte zugekehrt ist.

351. Im Planglase sind die beyden Seiten eben, folglich $r = \rho = \infty$, daher für jede Stellung

a) bey divergirenden Strahlen

$$bf = \frac{2d \cdot \infty \cdot \infty}{d \cdot \infty + d\infty - 2 \cdot \infty \cdot \infty} = -d$$

b) bey parallelen

$$bf = -\infty$$

c) bey convergirenden

$$bf = d$$

Zusatz. Es gilt daher auch für dieses Glas die oben (350. Zus. 1.) für das Uhrglas gegebene Bemerkung. Deßwegen werden auch beyde Arten der Gläser nicht zu den dioptrischen gerechnet.

352. Nehmen wir alles zusammen, so ergiebt sich für die Linse (344.), für das planconvexe Glas (345.) und für den Meniskus (349.) bei divergirenden und convergirenden Strahlen die allgemeine Formel

$$bf = \frac{d\varphi}{d \mp \varphi}$$

Zusatz. Durch diese Gläser werden daher divergirende Strahlen weniger divergirend, parallele convergirend, und convergirende mehr convergirend.

353. Eben so gilt für das Hohlglas (346.) und das planconcave Glas (347.) die allgemeine Formel

$$bf = \frac{\mp d\varphi}{\mp d + \varphi}$$

Zusatz 1. Durch diese Art der Gläser werden daher convergirende Strahlen weniger convergirend, divergirende mehr divergirend, und parallele divergirend.

Zusatz 2. Daß sich aus den allgemeinen Formeln (352. 353.) die Entfernung des leuchtenden Punktes = d immer leicht finden lasse, wenn die Sammlungs- oder Zerstreuungsweiten in einem gegebenen Falle bekannt sind, ist klar.

Zusatz 3. Soll anstatt eines gegebenen Glases von ungleichen Radien eines von gleichen Radien, ohne die Wirkung zu verändern, gesetzt werden, so hat man nur die Formeln für die Fokallängen in Gleichung zu setzen, weil bey gleichen Radien die Fokallänge dem Radius selbst gleich ist.

354. Was von Einem leuchtenden Punkte gilt, gilt auch von allen übrigen einzelnen Punkten eines Gegenstandes ABC (Fig. 93.). Die Strahlen eines jeden Punktes sammeln sich nämlich an ihren Achsen Aa, Bb, Cc. In diesen Sammlungspunkten entsteht dann das Bild des entsprechenden Punktes, und an allen Punkten abc zusammen das Bild des ganzen Gegenstandes ABC. Man sieht aber leicht, daß

a) das Bild ein umgekehrtes seyn müsse, weil die Strahlen von A in a, die Strahlen von C in c sich sammeln;

b) das Bild in den Brennpunkt fallen müsse, wenn die Strahlen von einem Gegenstande kommen, welcher als ∞ entfernet angesehen werden kann; denn hier wird (352.)

$$bf = \frac{\infty\,\varphi}{\infty - \varphi} = \varphi$$

c) kein Bild dem Glase näher liegen könne, als der Brennpunkt; denn aus $bf = \frac{d\,\varphi}{d - \varphi}$ ist

$$bf \,.\, d - bf \,.\, \varphi = d \,.\, \varphi$$
$$bf \,.\, d - d\varphi = bf \,.\, \varphi$$
$$d = \frac{bf \,.\, \varphi}{bf - \varphi}.$$

Wenn nun $bf < \varphi$ wäre, so würde d negativ, welches gegen die Voraussetzung streitet;

d) kein Bild möglich sey, wenn der Gegenstand in, oder inner dem Brennpunkte liegt; denn wenn

α) der Gegenstand im Brennpunkte liegt, so wird

$$d = \varphi, \text{ also}$$
$$bf = \frac{\varphi^2}{\varphi - \varphi} = \frac{\varphi^2}{0} = \infty$$

β) Liegt aber der Gegenstand inner der Brennweite, so wird $\varphi > d$, folglich wird

$bf = \frac{d\,\varphi}{d - \varphi}$ negativ, und das Glas also ein Zerstreuungsglas;

e) das Bild um so mehr vom Glase sich entferne, je mehr sich der Gegenstand demselben nähert, und umgekehrt; denn es sey $\varphi = 2$, $d = 3$, so wird

$bf = \frac{6}{3-2} = 6$, wird aber $d = 4$, so ist

$bf = \frac{8}{4-2} = 4$, und bey $d = 5$

$bf = \frac{10}{5-2} = 3{,}3$ u. s. w.

β. Reflexion des Lichtes, Katoptrik.

355. Wird die Richtung des Sonnenlichtes nicht bloß zur Brechung abgeändert, sondern in die entgegengesetzte verwandelt, so nennen wir dieses Phänomen Reflexion. Sie wird hervorgebracht durch undurchsichtige Körper, deren Oberflächen polirt und unter dem Namen der Spiegel allgemein bekannt sind.

356. Da alle Reflexion sich nur auf die bewegende Kraft beziehen kann, so muß auch bey der Reflexion des Lichtes das nämliche Gesetz eintreten, wie bey der Reflexion der elastischen Massen (171.), und wirklich weiset die Erfahrung das allgemeine Gesetz auch hier nach, daß der Sinus des Einfallswinkels = dem Sinus des Reflexionswinkels ist.

Zusatz. Alle Resultate, welche aus diesem allgemeinen Gesetze hervorgehen, und die Gesetze, nach welchen sie aus dem Grundgesetze folgen, sind der Inbegriff desjenigen Theiles der Lichtlehre, welche gewöhnlich den Namen Katoptrik führt.

357. Die das Licht reflectirenden Flächen (Spiegel) unterscheiden sich nur nach der Lage der Theile ihrer Oberflächen von einander, und sind daher entweder a) hohle, oder b) erhabene, oder c) ebene Spiegel.

Zusatz. Die krummen Spiegel unterscheiden sich in ihren Wirkungen wieder, je nachdem ihrer Krümmung ein Gesetz zum Grunde liegt, und können daher parabolische, elliptische, sphärische u. s. w. seyn. Wir sprechen hier nur von den sphärischen.

358. Es sey uns (Fig. 94.) der sphärische Hohlspiegel sr gegeben, dessen Mittelpunkt c ist. In einer Achse desselben aL liege der leuchtende Punkt L, oder die Spitze des Strahlenkegels, von dem die Strahlen Lm und Ln so nahe bey der Achse aL auf den Spiegel fallen, daß ohne Fehler aL = Lm = Ln gesetzt werden kann. Die Radien cm, cn sind die Einfallslothe für die Strahlen Lm und Ln in m und n, welche folglich so nach einen Punkt der Achse f reflectirt werden, daß Lmc = cmf, und Lnc = cnf wird, wo sie sich durchschneiden. Dieser Punkt heißt auch hier der Sammlungspunkt, und sein Abstand von dem Spiegel af die Sammlungsweite.

Es ist nicht schwer, diesen Punkt zu bestimmen; denn im Dreyecke mcL ist

$$cL : mL = \text{Sin. } cmL : \text{Sin. } mcL, \text{ oder}$$
$$= \text{Sin. } cmL : \text{Sin. } mcf$$

Im Dreyecke mcf aber ist

$$fc : mf = \text{Sin. } fmc : \text{Sin. } mcf, \text{ oder weil}$$

als Reflexionswinkel $fmc = cmL$

$$= \text{Sin. } cmL : \text{Sin. } mcf,$$

folglich auch

$$fc : mf = cL : mL$$

Da die Strahlen unendlich nahe bey aL einfallen, so ist $mf = af$, und $mL = aL$, also

$$fc : af = cL : aL$$

Es sey der Abstand des leuchtenden Punktes allgemein d, der Radius des Spiegels r, so wird

$$r - af : af = d - r : d$$

$$af = \frac{dr}{2d-r} \quad 1,$$

Zusatz 1. Das Nämliche gilt auch von dem Strahle Ln, die Formel ist daher allgemein.

Zusatz 2. Die Strahlen können aber auch hier entweder a) divergirend, oder b) parallel, oder c) convergirend auf den Spiegel fallen, und die obige Formel wird sich daher nach $d = \infty$, oder $-d$ für die einzelnen Fälle modificiren.

359. Die Fundamentalformel (358.) ist für einen Hohlspiegel, und zwar bey divergirenden Strahlen entworfen. Daher ist

a) in diesem Falle

$$af = \frac{dr}{2d-r}$$

b) bey parallelen

$$af = \frac{\infty r}{2\infty - r} = \frac{r}{2}$$

c) bey convergirenden

$$af = \frac{-dr}{-2d-r} = \frac{dr}{2d+r}$$

Zusatz 1. In diesen Formeln liegt af vor dem Spiegel, und ist in dieser Lage als positiv angenommen. Es wird daher negativ, sobald af hinter den Spiegel fällt.

Zusatz 2. Daher fällt f

a) bey divergirenden Strahlen so lange vor den Spiegel, als $2d > r$ ist; wird $= o$, wenn

$2d = r$ ist, und fällt hinter den Spiegel, wenn $r > 2d$ wird, so, daß der Sammlungspunkt immer weiter hinter dem Spiegel sich entfernet, je mehr der leuchtende Punkt von der Spiegelfläche sich entfernet, bis er bey $d = \frac{1}{2} r$ in der Unendlichkeit verschwindet, bey wachsender Entfernung aber wieder aus der Unendlichkeit vor dem Spiegel hervorkömmt, dem Spiegel immer näher rückt, und endlich bey $d = \infty$ in $af = \frac{1}{2} r$ stehen bleibt.

b) Parallele Strahlen sammeln sich daher immer in $af = \frac{1}{2} r$, welcher Punkt nun Brennpunkt (focus) genannt wird.

c) Da in der Formel für convergirende Strahlen alles positiv ist, so fällt f immer vor den Spiegel, rückt aber immer mehr von dem Spiegel weg, bis die Sammlungsweite bey $d = \infty$ wieder in $\frac{1}{2} r$ stehen bleibt.

360. Bey erhabenen Spiegeln ist die Lage des Radius der Lage des Radius bey Hohlspiegeln, für welche die allgemeine Formel berechnet ist, entgegengesetzt, folglich wird

a) bey divergirenden Strahlen

$$af = \frac{d \cdot -r}{2d-(-r)} = \frac{-dr}{-2d-r}$$

b) bey parallelen

$$af = -\frac{1}{2} r$$

c) bey convergirenden

$$af = \frac{dr}{-2d+r}$$

Zusatz 1. Da die Formel bey divergirenden und parallelen Strahlen immer, bey convergirenden aber so

lange, als $2d > r$ ist, negativ bleibt, so fällt der Sammlungspunkt immer hinter den Spiegel, d. h., die Strahlen gehen so aus dem Spiegel, als kämen sie von dem Sammlungspunkte hinter dem Spiegel, weßwegen dieser Punkt auch imaginärer (virtual) Sammlungspunkt heißt.

Zusatz 2. Bey divergirenden Strahlen rückt überdieß der Sammlungspunkt um so weiter vom Spiegel weg, je grösser der Abstand des leuchtenden Punktes von dem Spiegel ist, bey convergirenden Strahlen hingegen rückt er immer weiter von dem Spiegel weg, bis er bey $d = \frac{1}{2}r$ in der Unendlichkeit verschwindet, aus ihr aber bey wachsender Entfernung hinter dem Spiegel wieder hervorgeht, dem er sich bis auf $\frac{1}{2}r$ nähert, wenn d in die Unendlichkeit sich verliert.

361. Planspiegel haben einen Radius $= \infty$. Man mag sie daher als Hohlspiegel, oder als erhabene betrachten, so wird

a) bey divergirenden Strahlen

$af = -d$

b) bey parallelen

$af = \infty$

c) bey convergirenden

$af = d$

Zusatz. Der Sammlungspunkt divergirender Strahlen fällt daher eben so weit hinter den Spiegel, als der leuchtende Punkt vor demselben steht; parallele geben keine Sammlung, und convergirende werden so reflectirt, daß der Sammlungspunkt und der leuchtende Punkt zusammenfallen.

362. Aus den bereits aufgefundenen Formeln für die Sammlungsweite ergeben sich leicht Formeln a) für den Abstand des leuchtenden Punktes, und b) für den Radius des Spiegels. Es ist nämlich

1) bey Hohlspiegeln

$$d = \frac{af \cdot r}{2af - r}, \text{ und}$$

$$r = \frac{2d \cdot af}{d + af}$$

2) bey erhabenen Spiegeln aber

$$d = \frac{r \cdot af}{r + 2 \cdot af}, \text{ und}$$

$$r = \frac{2d \cdot af}{af - d}$$

363. In dem Sammlungspunkte entsteht immer das Bild des leuchtenden Punktes, das Bild eines Gegenstandes also an allen Sammlungspunkten zugleich.

Damit aber ein Bild dem Gegenstande ähnlich ist, müssen die Theile desselben zu einander die nämliche Lage haben, wie die Theile des Gegenstandes selbst. Es sey (Fig. 95.) sr ein Hohlspiegel, dessen Mittelpunkt in c ist, und vor demselben in einer Entfernung $d > \frac{1}{2} r$ der concentrische Bogen bde als Gegenstand steht, so ist $br = da = es$, und deßwegen auch die Sammlungsweiten $s\varepsilon$, $a\delta$, $r\beta$ einander gleich, folglich das Bild $\varepsilon\delta\beta$ selbst dem vorigen concentrischen Bogen, also dem Gegenstande ähnlich.

Zusatz 1. Wäre der Gegenstand mit dem Spiegel nicht concentrisch, wie z. B. die gerade Linie boe,

so

so fielen, weil b r = e s > o a die Bilder von b und e dem Spiegel näher, als das Bild von o. Das ganze Bild würde daher dem Gegenstande unter gewissen Umständen nicht mehr ähnlich. — Daher die Verzerrung der Bilder in Hohlspiegeln.

Zusatz 2. Man sieht leicht, daß in dem angegebenen Falle das Bild ein umgekehrtes seyn müsse, weil b in β, e in ε abgebildet wird, und man sieht eben so leicht, daß dieß der Fall immer seyn müsse, so lange Bild und Gegenstand auf entgegengesetzte Seiten des Mittelpunktes c fallen. Dagegen wird das Bild immer ein aufrechtes, sobald Gegenstand und Bild auf die nämliche Seite des Mittelpunktes zu stehen kommen.

364. Bey erhabenen Spiegeln (Fig. 96.) fällt (360. Zus. 1.) der Sammlungspunkt, also auch das Bild εδβ des Gegenstandes edb, immer hinter den Spiegel sr. Es fallen also Bild und Gegenstand immer auf die nämliche Seite des Mittelpunktes. Das Bild ist daher immer ein aufrechtes, den einzigen Fall ausgenommen, wo bey convergirenden Strahlen r > 2d würde.

365. Bey Planspiegeln ist af = − d, folglich fällt das Bild immer hinter den Spiegel, und da es wegen r = ∞ nie über den Mittelpunkt hinausfallen kann, so wird es immer ein aufrechtes seyn.

Zusatz. Indessen ändert die Lage des Gegenstandes zu dem Spiegel äusserst viel ab, und wenn sie einen Winkel srb (Fig. 97.) mit einander bilden, so muß der Winkel srβ, welchen Bild und Spiegel mit einander machen = srb, der Winkel βrb also,

welchen Bild und Gegenstand mit einander machen, gerade nochmal so groß seyn, als der Winkel, welchen eines derselben mit dem Spiegel macht.

Zusatz 2. Ein mit dem Spiegel parallel stehender Gegenstand giebt daher auch ein mit demselben paralleles Bild, ein horizontal liegender Gegenstand in einem senkrechten Spiegel giebt ein senkrechtes Bild, und umgekehrt, ein zu dem Spiegel schief stehender Gegenstand ein schief liegendes Bild u. s. w.

366. Die Grösse des Bildes, welches in verschiedenen Fällen entstehen muß, läßt sich hieraus leicht angeben. Da nämlich

a) in Hohlspiegeln Bild und Gegenstand concentrische Bögen sind, eingeschlossen zwischen den Achsen se und be, so hängt die Grösse des Bildes von seiner Entfernung vom Mittelpunkte ab, so, daß sich z. B. (Fig. 95.) die Grössen M, m des Gegenstandes und Bildes zu einander verhalten $M : m = dc : \delta c$, also

$$m = \frac{M : \delta c}{dc} \text{ wird,}$$

woraus hervorgeht, daß das Bild bald gröſſer, bald kleiner seyn kann, als der Gegenstand.

b) In erhabenen Spiegeln muß das Bild immer kleiner seyn, als der Gegenstand, weil es immer näher zu dem hinter dem Spiegel liegenden Mittelpunkte hinfällt, als der Gegenstand.

c) In Planspiegeln verschwindet wegen $r = \infty$ die endliche Differenz des Gegenstandes und Bildes. Daher muß die Grösse des Gegenstandes immer der Grösse des Bildes gleich seyn.

Zusatz. Conische, prismatische, cylindrische Spiegel sind nur Zusammensetzungen aus den bereits Behandelten, woraus sich ihre Wirkung auf Darstellung und Zusammenziehung eigends dazu gezeichneter Zerrbilder (Anomorphosen) leicht erklären läßt, so wie die Vervielfältigung des Bildes durch mehrere einander gegenüber stehende Spiegel.

γ. Farbenlicht, Chromatik.

367. Wenn das Sonnenlicht durch einen durchsichtigen Körper geht, so verliert es immer (334.) an Quantität, und von der Masse des durchsichtigen Körpers werden entweder die Strahlen alle gleich afficirt, oder es wirkt diese Masse auf die verschiedenen Strahlen verschieden. In dem zweyten Falle muß das Sonnenlicht bey seinem Austritte aus dem durchsichtigen Körper selbst in verschiedenen Zuständen erscheinen. Es sind aber nur drey solche verschiedene Zustände ursprünglich möglich. Entweder a) ist in dem aus der Gegenwirkung hervortretenden Sonnenlichte die Tendenz zu der Expansion, oder b) die Tendenz zu der Contraction überwiegend, oder es ist c) in dem Verhältnisse scheinbar nichts geändert worden. Die Erscheinung des Resultates dieser Gegenwirkung bezeichnen wir mit dem Namen der Farbe. Daher kann es ursprünglich nicht mehr, als drey Farben geben, und Farbe kann daher auch nur da erscheinen, wo dem Sonnenlichte durch die Materie auf die oben bestimmte Weise entgegengewirkt wird. Diese Farben sind roth, gelb und blau, und zwar ist Roth das Resultat der kleinsten, Blau der größ-

ten Gegenwirkung, und Gelb des scheinbar unveränderten Zustandes.

Zusatz. Schon Leonardo da Vinci, und nach ihm viele Physiker, Tob. Mayer, Lambert, Seebeck u. a. nahmen nicht mehr, als diese 3 Farben an, weil sie allein sich durch Mischung subalterner Farben nicht hervorbringen lassen.

368. Die Gegenwirkung steht nothwendig im Verhältnisse der Summe der Cohärenz, und es muß daher Farbenerscheinung eintreten, wenn entweder eine ungleichartige, oder eine für-sich gleichartige Masse bey verschiedener Dicke dem Lichte brechend entgegenwirkt.

Zusatz 1. Daher entsteht durch ein gläsernes, oder mit Wasser gefülltes Prisma P (Fig. 98.) ein farbiges Bild ab, wenn es in den Sonnenstrahl L P gebracht wird, und zwar ist in diesem Bilde oben blau, in der Mitte gelb, unten roth, wenn der brechende Winkel m abwärts gekehrt ist; die entgegengesetzte Farbenordnung erscheint aber, wenn der brechende Winkel aufwärts gekehrt ist.

Zusatz 2. Bringt man das Prisma senkrecht in den Strahl LP, (Fig. 99.) so bilden sich zu beyden Seiten desselben die Farbenbilder ab und $\alpha\beta$ mit der Farbenordnung von innen roth, gelb, blau. — Eben so giebt ein Glaskegel einen prächtigen Kreis mit der nämlichen Farbenordnung, wenn er mit seiner Spitze in den Sonnenstrahl gebracht wird. Diese beyden Erscheinungen scheinen im ersten Augenblicke mit den obigen (Zus. 1.) in Widerspruch zu seyn. Wenn man sich aber erinnert, daß (337. Zus. 5.) die Form des Prisma und des Kegels Ursache ist, daß die Strahlen, welche den größten Weg durch das Prisma machen, welchen also die Cohärenz am stärk-

sten entgegengewirkt, den äussersten Saum des Bildes machen müssen, so sind sie vielmehr eine schöne Bestättigung der aufgestellten Vermuthung.

Zusatz 3. Läßt man (wie Parrot) (Fig. 100.) das Licht F einer argand'schen Lampe mit flachem Dochte durch eine horizontale Oeffnung EE von etwa 5 Lin. Länge und $\frac{1}{40}$ Zoll Breite aus der Entfernung FE = $3\frac{1}{2}$ Zoll durchgehen, und auf das von E um 1 Zoll entfernte viereckigte Glasgefäß fallen, dessen innere Breite cc = $1\frac{1}{2}$ Zoll ist, so wird der Strahl, wenn das Gefäß mit einer gleichförmigen Flüssigkeit gefüllt ist, auf einer weissen Fläche LG abgebildet. Füllt man aber das Gefäß unten in A z. B. mit Salzwasser, oben in B mit gemeinem Wasser, so daß cc die Gränze derselben, und gerade in der Höhe der Oeffnung ist, so wird das Licht an der Fläche LG in Farben erscheinen, und zwar am deutlichsten, wenn CH = 27 Zolle ist. Die Ordnung der Farben giebt oben roth, unten blau, wie im Prisma, dessen brechender Winkel aufwärts gekehrt ist. Offenbar wirkt in diesem Versuche dem Lichte nichts entgegen, als die verschiedene Dichtigkeit der Medien. Die Farbenerscheinung muß daher auch nur ihr zugeschrieben werden.

Zusatz 4. Daher spalten alle Gläser, deren Form eine verschiedene Dicke verursacht, das Licht in Farben, ein Fehler der Instrumente, an dessen Verbesserung bekanntlich selbst Newton verzweifelte, bis sich fand, daß durch die Zusammensetzung eines erhabenen und eines hohlen Glases geholfen werden könne, indem der dünnste Theil des einen dem dicksten des andern entgegen wirke, und so (vielleicht) die Spaltung in Farben aufhebe.

369. Indessen erscheinen im Farbenbilde des horizontalen Prisma's offenbar 7 Farben, und Newton, der Vater der optischen Wissenschaften, stimmt daher für 7 Urfarben. Nach ihm gleichfalls der größte Theil der Physiker. Allein schon P. Castel, u. a., und in den neuesten Zeiten Göthe, haben gezeigt, daß diese 7 Farben nur bey kleinen Prismen unmittelbar hinter denselben, bey grossen Prismen aber erst in einiger Entfernung entstehen. Sehr richtig sagt Göthe „die „prismatische Erscheinung ist keineswegs fertig und „vollendet, indem das leuchtende Bild aus dem „Prisma hervortritt. Man wird alsdann nur erst ihre „Anfänge im Gegensatze gewahr. Dann wächst sie, „das Entgegengesetzte vereiniget sich, und verschränkt „sich zuletzt auf's innigste. Der auf einer Tafel auf„gefangene Durchschnitt dieses Phänomens ist in jeder „Entfernung vom Prisma anders, so, daß weder „von einer stätigen Folge der Farben, noch von „einem durchaus gleichen Maaße derselben die Rede „seyn kann."

Zusatz 1. Nach Newton's Beschreibung folgen in diesem Versuche die Farben von unten so auf einander: Roth, orange, gelb, grün, blau, indigoblau, violet. Allein jedermann weiß, daß sich grün aus blau und gelb, orange aus roth und gelb, violet aus blau und roth in Pigmenten mischen lasse, und es scheint daher der Schluß, daß sie auch im prismatischen Farbenbilde nur durch Mischung der 3 Urfarben, zwischen welchen sie immer zu stehen kommen, hervorgegangen sind. Der Farbenkreis wird daher seyn, wie ihn Fig. 101. darstellt, da hellblau und indigoblau doch offenbar nur Abstufungen einer und der nämlichen Farbe sind.

Zusatz 2. Man wirft dagegen freylich ein, daß auch diese als subaltern angenommenen Farben, durch ein zweytes Prisma aufgefangen, nicht wieder in die Urfarben zerlegt werden, wie dieß bey mechanisch unter einander zur Hervorbringung dieser Farben gemengten Pigmenten der Fall ist. Allein in diesen Mischungen der Pigmente liegen die in Mischung getretenen Pigmente nur im sehr zertheilten Zustande neben einander, und jedes giebt daher, durch das Prisma angesehen, seine Farbe für sich. Die Mischung geschieht durch den gleichzeitigen Eindruck nur in dem Auge des Sehenden selbst. Würde der obige Schluß gelten, so müßte sich auch jede durch chemische Mischung entstandene Farbe wieder durch das Prisma zerlegen, was der Fall nicht ist. So entsteht z. B. reines Blau, wenn der grünen Kupferauflösung Ammonium zugesetzt wird, und zersetzt sich nicht wieder, durch's Prisma angesehen, obschon es offenbar zusammengesetzte Farbe ist. So wenig also aus der Nichtzerlegung dieses Blaues auf seine Einfachheit geschlossen werden kann, eben so wenig aus der Nichtzerlegung der übrigen. — Zudem haben Seebeck's Versuche die Zerlegbarkeit dieser subalternen Farben wirklich nachgewiesen. Brachte er nämlich 2 von den subalternen Farben aufeinander, so schied sich immer eine Urfarbe aus, während sich die übrigen zu einem bey lebhaftem Lichte nicht bemerkbaren Grau mit einander verbanden. Fiel z. B. Grün auf Violet, so war Grün = 1 Gelb 1 Blau

Violet = 1 Roth 1 Blau, und es entstand aus 1 Gelb 1 Roth 1 Blau das nicht bemerkbare Grau = 0 Farbe, und 1 Blau schied sich aus. — Das

Nämliche leisten auf einander gelegte farbige Gläser bey starker Beleuchtung.

370. Nach Newton's Ansicht bestünde das Sonnenlicht aus 7 eigenen von einander ganz verschiedenen (heterogenen) Partikelchen, welche sich durch ihre verschiedene Brechbarkeit unterscheiden, und es hienge unser Urtheil über die Farbe von dem Winkel ab, unter welchem Lichttheile von einem Körper gebrochen wurden. Alle diese 7 Theile durch eine Linse in ihrem Brennpunkte in Eins gebracht, giebt nach ihm Weiß, und Schwarz (der Gegensatz von Weiß) ist der Mangel alles Lichtes. Allein was ist unser Weiß anders, als das blässeste Gelb, dessen Abstufungen das Auge nicht mehr zu unterscheiden im Stande ist? — „Daß alle Farben zusammengemischt, weiß „machen, ist eine Absurdität, die man nebst andern „schon ein Jahrhundert gläubig, und dem Augenschein entgegen zu wiederholen gewohnt ist." Offenbar erhält man, man mag den Versuch drehen, wie man will, immer Gelb. Daß man aber Gelb erhalten müsse, folgt schon daraus, daß die Extreme (Roth und Blau) sich einander aufheben, wenn sie in den Brennpunkt der Linse zusammengebrochen werden, und dadurch das Sonnenlicht wieder in seinem indifferenten Zustande (natürlichem Gelb) hervortreten müsse. Ueberdieß beweisen die von Grotthuß zuerst angegebenen Versuche, daß immer Weiß entsteht, wenn 2 contrastirende Farben übereinander gebracht werden, welches ganz mit Seebeck's oben angeführter Darstellungsart übereinkömmt; denn bringt man z. B. Orange mit Blau übereinander, so wird (369. Zus. 2.)

$$\left.\begin{array}{l}\text{Blau} = 1\ \text{Blau} \\ \text{Orange} = 1\ \text{Roth}\ 1\ \text{Gelb}\end{array}\right\} = 0\ \text{F.}$$

und es ist daher nothwendig, daß durch die Gegenwirkung je zweyer contrastirender Farben des newton'schen Bildes, folglich durch Zusammenwirkung aller, der vor der Brechung Statt gehabte Erscheinungszustand des Sonnenlichtes hervortreten, und 2 gleichgrosse Bilder, in welchen die Ordnungen der Farben umgekehrt sind, übereinander gebracht, nur ein weisses (blaßgelbes) Bild geben müssen.

Zusatz 1. So wie Newton die Farben aus dem weissen Lichte hervorgehen ließ, so glauben andre, die Farben gehen alle aus der Urfarbe (dem Schwarzen) hervor. Allerdings verschwindet ein schwarzer Kreis auf einer weissen Fläche, durch das Prisma angesehen, zu Roth, Blau und Gelb. Allein diese Erfahrung scheint mir deßwegen nichts zu beweisen, weil die an der Gränze entstandenen Farben den Raum des schmalen Kreises einnehmen. Ein breiterer Kreis giebt zwar (unter gleichen Umständen) die nämlichen Farben. Aber es verschwindet das Schwarz in der Mitte derselben eben so wenig, als auf einer schwarzen Fläche, welche an ihren Gränzen die nämlichen Farben zeigt.

Zusatz 2. Uebrigens hat Newton alles, was bey der Erscheinung der prismatischen Farben gemessen werden konnte, genau gemessen, und gefunden, daß, den Sinus des Einfallswinkels = 1 gesetzt, der Sinus des Brechungswinkels im Mittel

für Roth = 1,5412
für Orange = 1,5432
für Gelb = 1,54533
für Grün = 1,54833
für Blau = 1,55166
für Indigo = 1,55444
für Violet = 1,55777.

Den Raum, den jede dieser Farben in dem prismatischen Bilde einnimmt, fand Newton, wenn die Länge des Bildes = 360 gesetzt wird,

für Roth = 45
für Orange = 27
für Gelb = 48
für Grün = 60
für Blau = 60
für Indigo = 40
für Violet = 80.

371. Je mehr sich ein Körper dem Maximum der Expansion nähert, oder je mehr er selbst erleuchtet ist, desto mehr kann er durch relative Differenz der Repräsentant des Sonnenlichtes seyn, und desto mehr wird ein mehr contrahirter, oder weniger beleuchteter gegen ihn Repräsentant der Materie seyn, und beyde daher durch ihr gegenseitiges Einwirken Farbenspiel geben.

Zusatz. Daher giebt ein Körper, durch das Prisma angesehen, nur da Farben, wo Hell und Dunkel sich einander berühren, und ändert sie selbst ab, sobald die Lage derselben sich ändert. Ein weisser Gegenstand, gegen ein beleuchtetes Fenster gesehen, giebt an dem obern Rande blau und violet, gegen die dunklere Wand gesehen, roth und gelb.

Daher wird ein dunkler Schatten, (nach Grotthuß), welcher in einem verfinsterten Zimmer hinter einem transparenten Gegenstande geworfen wird, augenblicklich farbig, sobald von einer Seitenöffnung Licht auf ihn fällt. Diese Erscheinung ergiebt sich selbst durch den Schatten eines Körpers im prismatischen Lichte, und aus dem nämlichen Grunde lassen sich durch farbige Gläser an einer argand'schen Lampe zur Zeit nicht zu starken Tageslichtes alle Schattenfarben mit der größten Deutlichkeit hervorbringen.

372. Ein contrahirter Körper muß daher Farbe zeigen, sobald Licht auf ihn fällt. Alle Metalle zeigen Farben, und spielen am schönsten, wenn sie aus der tropfbaren in die feste Form übergehen. Die Erdarten (minder dicht, als die Metalle) sind für sich beynahe farbelos, aber der Farbe sehr leicht empfänglich, z. B. die Alaunerde. Das Wasser, und noch mehr, alle Luft- und Gasarten sind farbelos, bis sie entweder durch Hinzusetzung eines Färbestoffes verdichtet werden, oder zu einer Dicke (Summe der Cohärenz) anwachsen, in welcher sie der grössern Cohärenz wegen als Repräsentanten der Materie dem Lichte entgegenwirken.

Zusatz. Daher färben sich alle Metalle, wenn sie oxydirt (dichter) werden; daher ist in Stufengefäßen von Porcellain eine gelbe Flüssigkeit, unten gelb, oben orange, eine blaue oben blau, unten violet; daher wird überhaupt eine gefärbte Flüssigkeit immer dunkler, je grösser ihre Tiefe ist, und erscheint selbst der Himmel blau; daher würde die atmosphärische Luft, wenn sie überall so dicht wäre, wie an der Oberfläche der Erde, und sich auf eine Höhe von 5.8385 Toisen

erstreckte, ganz undurchsichtig seyn; daher endlich springt die röthliche sympathetische Dinte bey der Vertrocknung in's blaue über, geht umgekehrt der durch Schwefelsäure prächtig blaue Indigo in der Hitze zu purpurfarbenem Rauch über (Chevreul) u. s. w.

373. Die Körper sind also gefärbt, in so ferne sie oder die Stoffe, mit welchen sie überzogen sind, auf das Licht durch ihre grössere oder kleinere Contraction entgegenwirken, und in diesem affleirten Zustande einen Theil des Sonnenlichtes reflectiren, während sie einen andern mit sich verbinden, woraus sich die unendlichen Nuancirungen, welche aus den möglichen Mischungen von Gelb, Roth und Blau, und ihrer subalternen Farben hervorgehen können, im Allgemeinen leicht erklären lassen.

Zusatz. So wie daher Weiß (blassestes Gelb) nichts ist, als Aufhebung der contrastirenden Farben durch einander, (368.) so ist Schwarz entweder Mangel alles Lichtes, oder das tiefste Blau, wohl auch (subaltern) das tiefste Grün; denn eigentliches Schwarz entspricht nur der absolut lichtlosen (todten) Materie.

374. Es ist bekannt, daß Herschel durch die Versuche, ein Teleskop zu Sonnenbeobachtungen einzurichten, auf Untersuchungen über die Sonnenstrahlen selbst geführt worden ist, aus welchen die wichtigen Resultate hervorgiengen:

a) daß innerhalb 10 Minuten ein Thermometer

in dem prismatischen Roth	$6\frac{7}{8}°$
in dem Grün	$3\frac{1}{4}$
in dem Violet	2 stieg, und überhaupt

das Steigen des Thermometers in diesen 3 Farben

sich verhielt = 3,5 : 1,5 : 1, woraus erhellt, daß Roth am meisten erwärme, die Erwärmung aber bis zum Violet immer abnehme.

b) Dagegen fand er, daß die beßte Beleuchtung dem hellsten Gelb zukomme, dieß, und jenseits aber die beleuchtende Kraft sich vermindere, so, daß sie im Roth und Blau ungefähr gleich, und im Verhältnisse der zwischenliegenden Farben am kleinsten ist.

c) Herschel vermuthete zugleich, daß sich in den chemischen Eigenschaften des farbigen Sonnenlichtes eine eben solche Verschiedenheit finde, als in ihrem Vermögen zu erleuchten und zu erwärmen. Es hatte auch schon Scheele die Erfahrung gemacht, daß Hornsilber auf ein Stück Papier gestrichen, und in das prismatische Farbenbild gebracht, in dem Violet sich früher, als in allen andern Farben reducire. Sennebier fand, daß sich das Hornsilber im Violet in 15, im Blau in 23, im Grau in 35 Secunden, im Gelb in $5\frac{1}{2}$, im Orange in 12, im Roth in 20 Minuten gefärbt habe. Als Seebeck feuchtes auf Papier gestrichenes Hornsilber 15 bis 20 Minuten in das Farbenbild hielt, so fand er es im Violet röthlichbraun, im Blauen blau, im Gelben unverändert, im Rothen meist rosenroth.

Versuche mit farbigen Gläsern gaben ähnliche Resultate. Unter violetten, blauen und blaugrünen Gläsern veränderte sich die Farbe des Hornsilbers nach der Verschiedenheit der Gläser bald in's Blauliche, bald in's Röthliche, oft auch in's fast Schwarze, wenig unter gelben und gelbgrünen. Unter gelbrothem Glase wurde das geschwärzte Hornsilber sehr

bald sogar heller, nach 6 Stunden schmutziggelb oder röthlich.

Aus diesen Versuchen schließt Seebeck, daß Violet am meisten, und Roth am wenigsten reducire.

Einen gleichen Versuch machte Seebeck am rothen Queckſilberoxyd, welches in blauem Glase, mehrere Monathe lang dem Sonnenlichte ausgesetzt, sich zum Theil reducirte, zum Theil unvollkommenes Oxyd wurde, im gelbrothen Glase aber beynahe ganz unverändert blieb.

Leuchtsteine verschiedener Art, in die Farben des prismatischen Bildes gebracht, zeigen ein ungleich stärkeres Leuchten im Blau, als im Gelb und Roth. Das Nämliche geschieht noch auffallender hinter farbigen Gläsern, und ein hellleuchtender Barytphosphor erlischt sogleich im Brennpunkte einer Linse, durch welche die durch ein gelbrothes Glas einfallenden Sonnenstrahlen aufgefangen werden; dagegen fängt ein nichtleuchtender in dem Brennpunkte der durch ein blaues Glas einfallenden Strahlen sogleich an, wie im hellsten Sonnenscheine zu glühen.

Da die Reduction des Hornsilbers, und des rothen Queckſilberoxydes, und (wie Heinrich in seinem Werke über die Phosphorescenz der Körper beweißt) auch das Phosphoresciren ein wahrer chemischer (und zwar Desoxydations-) Proceß ist, so folgt, daß die blaue Farbe überhaupt dem Chemismus ungleich mehr zusage, als die rothe, und es bestätiget sich daher, was eben Heinrich schon 1808. sagte: „daß der rothe „Strahl mehr bestimmt scheine, Wärme in den Körpern zu erregen; der gelbe mehr zu beleuchten; der „blaue, chemische Wirkungen hervorzubringen.“

Zusatz. Morichini's Versuche über die magnetisirende Kraft der violetten Strahlen in der Vorlesung.

Regenbogen.

375. Eine der schönsten Farbenerscheinungen nehmen wir in der Natur an dem Regenbogen wahr, welcher uns dann entsteht, wenn wir a) bey einer gewissen Höhe der Sonne b) dieselbe im Rücken haben und c) gegen eine regnende Wolken sehen. Die Erfahrung lehrt, daß man bey einer Höhe der Sonne über 42° keinen Regenbogen sieht. Die Ordnung der Farben geht von unten aus Blau durch alle übrigen mehr oder weniger deutlich und verschmolzen bis zu Roth über.

Zusatz 1. Ant. de Dominis hat zuerst nachgewiesen, daß ein unter einem gewissen Winkel auffallender Lichtstrahl in einer mit Wasser gefüllten Kugel (Fig. 102.) bey seinem Eintritte in a gebrochen, an der Hinterfläche b reflectirt, und bey seinem Austritte in d wieder gebrochen werde. Zugleich machte er die Erfahrung, daß an der Kugel blaue Farbe erscheine, wenn der Winkel, unter welchem die Strahlen in das Auge o (Fig. 103.) kommen = aog = 40°, hingegen rothe Farbe erscheine, wenn dieser Winkel = 42° ist.

Zusatz 2. Was hier die Glaskugel, deren Masse als Uhrglas wirkend keine Brechung verursachen kann (350. Zus. 1.) leistet, wird auch jeder Regentropfen für sich leisten müssen.

376. Gemäß dem Reflexionsgesetze müssen die Bögen $a\alpha f$ und $a\beta v$, folglich auch die Sehnen af

und a v einander gleich seyn. Wenn daher (Fig. 102.) der Strahl S a o in das Auge kömmt, so müssen die übrigen unter und ober demselben vorübergehen.

Zusatz 1. Indessen ist die Pupille kein mathematischer Punkt. Sie kann also nahe aneinander liegende Strahlen, für welche die Punkte der Reflexion nicht sehr verschieden sind, aufnehmen. Die Erfahrung giebt den Abstand der Extreme dieser Strahlen ungefähr auf 2° an (375. Zus. 1.).

Zusatz 2. Eine Kugel wirkt aber immer als ein sammelndes Medium (343. Zus. 2.). Daher werden die parallel einfallenden Strahlen sowohl nach ihrem Eintritte, als nach ihrer Reflexion, bey welcher die Hinterseite als sphärischer Spiegel wirkt, wieder gesammelt. Es läßt sich aber mathematisch aus dioptrischen und katoptrischen Gesetzen beweisen, daß die Sammlung durch die erste Brechung gerade an der Hinterfläche geschehen müsse, damit die reflectirten Strahlen nach der zweyten Brechung wieder parallel aus dem Tropfen gehen. — Der mathematische Beweis wäre aber hier zu weitläufig.

377. Der Weg, welchen die Strahlen durch den Tropfen machen, ist am größten bey 40°, am kleinsten bey 42°; denn setzen wir (Fig. 103.) a o d = 42°, so wird o a d = 48°, weil a d o = 90° ist.

Weil der Winkel o a d = 48°, so ist der Bogen a α f = a β v = 96°.

Zieht man zu v und a die Radien v k, und a k, so ist im △ v k a alsdann v k = a k = Radius,

v k a

$vka = 96°$, folglich $kva = kav = 42°$; folglich

$r : \text{Sin. } 42° = av : \text{Sin. } 96°$

$1{,}00000 : 9{,}82551 = \text{Log. } av : 9{,}99761$, also

$\text{Log. } av = 1{,}17210$, und

$av = 14{,}86$, also der Weg des Strahles $av + af = 29{,}72$.

Auf die nämliche Art findet man, wenn $aod = 40°$ ist, den Weg des Strahles

$av + af = 30{,}64 > 29{,}72$.

Zusatz 1. Daher ist die Gegenwirkung der Cohärenz bey 40° am größten, bey 42° am kleinsten, und deßwegen muß der oben (367.) aufgestellten Theorie gemäß unten Blau, oben Roth entstehen.

Zusatz 2. Da aber das Verhältniß der Winkel immer das nämliche bleibt, wenn (Fig. 104.) die Linien ao, bo unter denselben Winkeln aod, bod um die Achse des Auges od sich bewegen, so muß die Erscheinung immer einen Kreis bilden, wenn an der ganzen Fläche die Bedingungen zu der Entstehung des Bildes vorhanden sind.

Zusatz 3. Jeder Beobachter muß eben deßwegen einen andern Regenbogen, und zwar um soviel mehr von demselben sehen, je höher der Standpunkt ist, auf welchem er sich befindet. Nie kann er aber einen sehen, wenn die Sonne höher, als 42° steht, und gegen Süden kann nur derjenige einen beobachten, der dem Pole so nahe ist, daß er um Mitternacht die Sonne über dem Horizonte hat.

378. Neben diesem innern oder Hauptregenbogen sieht man oft noch einen äussern, oder Nebenregen-

bogen. Er entsteht, wie Descartes zuerst gezeigt hat, durch zwey Brechungen bey dem Ein- und Austritte, a, d, (Fig. 105.) und 2 Reflexionen in b und c. Seine Farbenordnung ist der des innern Regenbogens entgegengesetzt, so, daß unter dem Winkel von 51° die rothe, unter 54° die blaue Farbe erscheint.

Zusatz 1. Da bey jeder Reflexion immer ein Theil der Strahlen durchgelassen, für das Auge also verloren wird, so müssen die Farben des äussern Regenbogens immer weniger lebhaft, als die des innern seyn.

Zusatz 2. Es ist begreiflich, daß auf diese Weise auch durch mehrere Reflexionen Regenbögen, aber immer schwächere, entstehen können. Auch vom Lichte des Mondes will schon Aristoteles einen bemerkt haben. — Im Schnee und Thau und Reife sind sie aus gleichen Ursachen zu beobachten, oft in paraboliſcher u. s. w. Form, je nachdem der Standpunkt des Beobachters ist. — Unconcentrischen liegen immer verschiedene Ursachen zum Grunde — Regenbogen-Schüsselchen u. dgl.

Zusatz 3. Analog der Erscheinung des Regenbogens ist die weniger farbige Erscheinung, welche unter dem Namen der Höfe bekannt ist. Ihr Entstehungsgrund liegt wahrscheinlich in der verschiedenen Afficirung des Lichtes durch die Dunstbläschen. Deßwegen sieht man sie um den Mond nie, ausser bey etwas trübem Wetter, und hält sie für Anzeigen eines baldigen Regens; sie verschwinden, wenn die Bläschen durch Winde bewegt werden, oder zu der Dunstform zurückkehren, und erscheinen um jede Flamme, die man durch aufsteigende Dünste, oder angehauchtes Glas betrachtet.

Zusatz 4. Auch an den Planeten bemerkt man solche Höfe. „Die Venus, sagt Humboldt, spielt „hier (in Cumana) die Rolle eines Mondes. Sie hat „grosse und leuchtende Höfe von 2° im Durchmesser „mit den schönsten Regenbogenfarben.“ Dazu gehört aber freylich ein Himmel, wie in Cumana, wo man „beym Scheine der Venus den Vernier eines „kleinen Sextanten mit der Loupe ablesen kann.“

Zusatz 5. Eine ähnliche Erscheinung sind auch die Nebensonnen und Nebenmonde. Aber ihre Erscheinung ist schnell vorübergehend und ungleich seltener, ihre Erklärung (vielleicht auch deßwegen) wenig befriedigend, wenn man sie bald durch Schnee- und Hagelwolken, bald aus einer Brechung und Reflexion in Dunstkügelchen, (Brandes) bald aus der Beugung des Lichtes (Jordan) abzuleiten sucht.

5. Beugung des Lichtes.

379. Eine sehr interessante aber noch zu wenig untersuchte Erscheinung ist die Beugung des Lichtes. Newton hat sie nach Grimaldi vollständiger beschrieben, Jordan dieselbe aber näher untersucht. Wrede in Berlin hat versprochen, den Gegenstand wieder vorzunehmen, allein es ist mir nicht bekannt, daß es geschehen ist, so viel sich auch von diesem einsichtsvollen Naturforscher hätte erwarten lassen.

Die bis jetzt bekannten Erscheinungen, welche zu der Beugung des Lichtes gerechnet werden müssen, sind:

a) Bringt man in einen Sonnenstrahl, welcher durch ein $\frac{1}{42}$ eines Zolles weites Loch in ein finsteres

Zimmer fällt, nahe am Loche ein Haar, so wirft es einen Schatten, der beträchtlich breiter ist, als das Haar, aber unmittelbar hinter dem Haare breiter, als in einer grössern Entfernung, und durch eine ununterbrochene Folge von farbigen Lichtsäumen begränzt ist.

b) In einer sehr geringen Entfernung hinter dem Haare erscheint der Schatten sehr deutlich und schwarz. Weiter zurück erscheint er aber von einer Lichtlinie getheilt und weniger schwarz. Die Schwärze des Schattens nimmt immer mehr ab, die Lichtlinie nimmt Farben an, wird aber immer mehr verwischt.

c) Wenn das Loch, durch welches der Strahl in das Zimmer fällt, $= \frac{1}{4}$ Zoll ist, und demselben in einer Entfernung von 2 bis 3 Fuß die Schneide eines scharfen Messers senkrecht entgegensteht, so erscheinen, wenn das directe Licht durch schwarzes Tuch aufgefangen wird, hinter dem Messer zwey Lichtsäume unter einem Winkel von 10 bis 12°, welche immer schwächer werden; an der Schneide selbst aber eine Lichtlinie.

d) Wird diesem Messer ein zweytes in der Ebene des vorigen in paralleler Richtung so genähert, daß ein Theil des Lichtes darauf fällt, und die Messer nur um $\frac{1}{400}$ Zoll von einander abstehen, so erscheinen zuerst zwey Ränder, welche zwey Reihen von Lichtsäumen bilden, immer breiter werden, und dann paarweise verschwinden.

e) Werden die Messer unter einem Winkel von 1′ 54″ zusammengestellt, so bildet ein Sonnenstrahl, welcher durch ein $\frac{1}{42}$ Zoll breites Loch einfällt, bey einer Entfernung der Schneiden von dem Loche

= 10 bis 15 Fuß auf einem polirten Lineale $\frac{1}{2}$ bis 1 Zoll hinter den Messern Lichtsäume, welche unter demselben Winkel, wie die Messer, aufeinander treffen, und dann, ohne sich zu durchschneiden, verschwinden. Sie durchschneiden sich aber bey einer weit grössern Entfernung des Lineales.

f) Läßt man farbiges Licht durch ein mit einer Nadel in eine Bleyplatte gestochenes Loch fallen, so bildet der Schatten eines jeden dareingebrachten Körpers 3 Lichtränder von der nämlichen Farbe. Rothes Licht bildet aber die breitesten, violettes die schmälsten Ränder.

380. Diese Phänomene, über welche sich Newton nur mit einigen Fragen beschied, sind wahrscheinlich Phänomene einer gleichzeitigen Reflexion, Brechung, und Spaltung des Lichtes zu Farben. Als Voraussetzung dieser Erklärung muß erinnert werden, daß die scheinbare Oberfläche der Körper von der wirklichen unterschieden werden müsse. Microscopische Beobachtungen zeigen, daß die Oberflächen auch der polirtesten Körper immer noch Erhabenheiten haben, welche, je feiner sie sind, desto durchsichtiger (durchscheinender) werden. Daher werden auch Sonnenstrahlen, welche auf dieselben fallen, von ihnen gebrochen, und zu Farben gespalten werden können. Die hierbey statt habende Reflexion scheint vorzüglich die Erweiterung des Schattens, die Brechung aber die farbigen Ränder und das Wiederzusammenfallen derselben zu bewirken.

Zusatz 1. Ueberhaupt sind aber die Phänomene der Beugung noch viel zu wenig bekannt, als daß

man sie mit so viel Zuversicht, wie die Phänomene der Brechung und Reflexion, behandeln könnte.

Zusatz 2. Die Erscheinungen bey dem Sehen durch Seidenzeuge, Mousseline, oder ein Geflecht von Drath gehören höchst wahrscheinlich unter die Rubrik des gebeugten Lichtes.

e. Optik.

381. Wenn von Gegenständen Licht in unser Auge kömmt, so werden wir in denjenigen Zustand versetzt, welchen wir mit dem Namen: Lichtseyn bezeichnen. Die Ankündigung dieses Zustandes geschieht uns durch das ganz eigene Wahrnehmen der Gegenstände, welches durch das Auge geschieht, und Sehen heißt. Jenes so äusserst wichtige Werkzeug, welches vorzüglich aus Häuten und (sogenannten) Flüssigkeiten zusammengesetzt ist, bricht die auf die Oberfläche derselben einfallenden Strahlen so, daß sie sich inner demselben sammeln, und das Bild des leuchtenden Gegenstandes entwerfen, von welchem sie ausgegangen sind.

Zusatz 1. Die anatomische Einrichtung des Auges kann hier vorausgesetzt werden. In physisch-mathematischer Hinsicht ist (nach Chenevix, Jurin, und Petit) das Brechungsvermögen

der wässerigen Feuchtigkeit = 1,29 : 1
der krystallenen = 1,46 : 1
der glasartigen = 1,33 : 1

das specifische Gewicht bey 60° Fahrenh.

der wässerigen Feuchtigkeit = 10090
der krystallenen = 11000
der glasartigen = 10090.

Zusatz 2. Der Sammlungspunkt, folglich auch das Bild, fällt bey gesunden Augen auf die Netzhaut, und ein Sammeln vor oder hinter derselben setzt ein kleineres oder grösseres Brechungsvermögen der Feuchtigkeiten voraus.

Zusatz 3. Was von Einem Punkte gilt, muß auch von allen übrigen gelten. Wenn daher (Fig. 106.) der Gegenstand ABC dem Auge O gegenübersteht, so wird A in a, B in b, C in c abgebildet, also auf der Netzhaut ein umgekehrtes Bild abc von ABC entworfen.

Zusatz 4. Warum sehen wir aber doch die Gegenstände nicht umgekehrt? — Warum mit zwey Augen nicht doppelt? —

382. Da das Sehen von dem auf der Netzhaut entworfenen Bilde, die Grösse desselben aber von dem Winkel cDa = CDA, welchen die Achsen der äußersten Punkte miteinander bilden, abhängt, so muß uns ein Gegenstand um so grösser erscheinen, je grösser dieser Winkel ist. Man nennt deßwegen diesen Winkel Sehewinkel, und die Grösse, unter welcher uns ein Gegenstand erscheint, seine scheinbare Grösse. Deßwegen heißt auch die Tangente des Sehewinkels die Tangente der scheinbaren Grösse. Setzen wir daher, es sey (Fig. 107.) vor dem Auge O der Gegenstand AB, dessen wahre Grösse = M, dessen Entfernung von O = D ist, so wird

D : M = Sin. tot. : Tang. AOB, also

$$\text{Tang. AOB} = \frac{M}{D}$$

Eben so wird für einen andern Gegenstand ab

$$\text{Tang. a O b} = \frac{m}{d}, \text{ folglich}$$

die scheinbaren Grössen

$$T : t = \frac{M}{D} : \frac{m}{d}.$$

Zusatz 1. Je weiter daher der Gegenstand entfernet ist, desto kleiner erscheint er uns — ungleich große Gegenstände können uns gleichgroß scheinen, wenn der grössere weiter entfernet ist u. s. f.

Zusatz 2. Daraus erklären sich so manche unvermeidliche optische Täuschungen in Rücksicht der Lage der Gegenstände, der Theile eines Gegenstandes, der Bewegung eines oder mehrerer Körper, der Grösse der Gegenstände u. s. w.

383. Das Wahrnehmungsvermögen unsers Auges hat aber seine Gränzen, und die Gegenstände verschwinden für uns (der Erfahrung gemäß) ganz, wenn ihre Entfernung ungefähr 5160 mal grösser, als ihre wirkliche Grösse ist, oder, was eines ist, wenn der Sehewinkel nur noch 4 Sekunden beträgt.

Zusatz. Sehr beleuchtete, oder sehr leuchtende Gegenstände sehen wir freylich unter einem noch viel kleinern Winkel, aber sie erscheinen uns dann auch nur als Punkte, wie z. B. die Fixsterne.

a. Ferngläser und Brillen.

384. Die Erfahrung lehrt, daß wir bey fehlerfreyem Auge die Gegenstände nur bey dem scheinbaren Parallelismus der Strahlen mit ihren Achsen deutlich sehen. Wird aber das Brechungsvermögen der Feuchtigkeiten aus was immer für Ursachen ver-

ändert, so muß, wie man leicht sieht, das Bild nicht mehr auf der Netzhaut entworfen werden, sondern muß bey zu kleinem Brechungsvermögen erst hinter, bey zu großem schon vor derselben entstehen, daher kann auch kein deutliches Sehen hervorgebracht werden. Im ersten Falle nimmt man nur sehr nahe, im zweyten sehr entfernte Gegenstände deutlich wahr. Man nennt daher diese Fehler des Auges Kurzsichtigkeit und Weitsichtigkeit. Es ist begreiflich, daß diesen Fehlern nur dadurch abgeholfen werden könne, daß man die einfallenden Strahlen in diejenige Lage bringt, welche dem Brechungsvermögen des Auges entspricht.

Zusatz 1. Daß dieses durch das Brechungsvermögen verschiedener Gläser geleistet werden können, ist lange bekannt. Es sey nämlich (Fig. 108.) op der Stern eines kurzsichtigen Auges, welches den Punkt L in der Entfernung La nicht mehr deutlich sieht, aber in der Entfernung λa sehen würde. Bringt man zwischen das Auge und L das Hohlglas mn, so werden die von L ausgehenden Strahlen Lm, Ln durch das Glas mehr divergirend gemacht (346.) und etwa in die Richtungen nσ, nρ gebracht. Sie kommen also in das Auge unter dem Winkel σλρ, als wenn sie von λ ausgegangen wären, wo das Auge den Gegenstand nun deutlich sieht.

Zusatz 2. Ist hingegen (Fig. 109.) op der Stern eines weitsichtigen Auges, welches einen Gegenstand L in der Entfernung La nicht mehr, wohl aber in der Entfernung λa deutlich sieht, so bringt eine zwischen das Auge und L gebrachte Linse die Strahlen Lm und Ln in die Richtung λσ, λρ, als wenn

sie von λ ausgegangen wären, und bewirkt also für das gegebene Auge deutliches Sehen.

Zusatz 3. Die Hohlgläser heissen von ihrer Wirkung Ferngläser, die Linsen aber Brillen. Man sieht aber leicht, daß jeder Kurz- oder Weitsichtige seine eigenen Gläser haben müsse, und daß sich die Convexität oder Concavität derselben nicht allgemein nach dem Alter bestimmen lasse, sondern erst durch Versuche gefunden werden müsse, besonders, da nicht selten die zwey Augen eines Menschen bey weitem nicht gleichen Grad der Fehlerhaftigkeit haben.

Zusatz 4. Ferngläser haben die Eigenschaft, daß durch sie dem gesunden Auge die Gegenstände verkleinert vorgestellt werden, Brillen aber vergrössern sie. Daraus geht für die Wahl der Gläser die allgemeine Regel hervor, diejenige zu wählen, welche am wenigsten vergrössern oder verkleinern.

Zusatz 5. Da das Auge immer strebt, deutlich zu sehen, und diejenige Lage anzunehmen, in welcher es deutlich zu sehen vermag, so gewöhnt es sich nach und nach an eine ihm unnatürliche Lage, und ein gesundes Auge kann daher durch unnothwendigen Gebrauch der Gläser verdorben, ein fehlerhaftes noch mehr verschlechtert werden. Umgekehrt kann ein fehlerhaftes Auge nicht selten, besonders in der Jugend noch, durch successives Hervorbringen des entgegengesetzten Zustandes, und (nach Egerton Schmith's Bemerkung) durch den Gebrauch entgegengesetzter Gläser verbessert werden.

b. Mikroskope.

385. Aber auch das Sehevermögen eines gesunden Auges hat (383.) seine Gränzen. Es sieht sehr kleine Gegenstände nur in der Entfernung von 7, 8, bey einigen auch 12 Zollen deutlich, und grosse, aber sehr entfernte Gegenstände gar nicht mehr, oder nur sehr undeutlich. Um nun sehr kleine Gegenstände deutlich, und selbst deutlicher als mit freyem Auge zu sehen, dienen die Mikroskope (Vergrösserungsgläser), um sehr entfernte wahrzunehmen, die Fernröhre.

Zusatz 1. Die Mikroskope sind entweder einfache (Loupen, Suchgläser), oder zusammengesetzte, je nachdem sie aus einem, oder mehrern Gläsern bestehen.

Zusatz 2. Die Fernröhre sind entweder bloß dioptrische (aus Gläsern bestehende), oder katoptrisch-dioptrische (eine Zusammensetzung von Gläsern und Spiegeln). Davon später.

386. Das einfache Mikroskop ist eine blosse Linse, in deren Brennpunkt der kleine Gegenstand gebracht wird. Es sey nämlich (Fig. 110.) m n eine Linse von sehr kleiner Brennweite b h. In b, oder doch so wenig ausser b, daß man alle Punkte des Gegenstandes ohne Fehler als gleichweit von der Linse entfernet annehmen kann, liege der sehr kleine Gegenstand a b c. In dieser Voraussetzung müssen (354. d. a.) alle Strahlen parallel mit ihren Achsen in das Aug o kommen, daher a) deutliches Sehen hervorbringen, und die Achsen derselben den Winkel m o n bilden. Daher wird das Auge den Gegenstand b) unter dem Winkel

m o n, den halben Gegenstand a b aber unter dem Winkel m o h = a h b sehen.

Wollte das Auge den nämlichen Gegenstand c f ohne Glas deutlich sehen, so müßte dieser in der Entfernung f h = 8 Zolle davon stehen. Dann wäre aber der Sehewinkel e h f offenbar kleiner, als a h b. Der Gegenstand erscheint daher um eben so viel grösser, als a h b > e h f ist.

Zusatz 1. Es ist nicht schwer, die Vergrösserungszahl n zu finden; denn in den △ △ e h f und a h b ist

f h : e f = Sin. tot. : Tang. e h f

a b : b h = Tang. a h b : Sin. tot.

also wegen Kleinheit der Winkel, und a b = e f,

f h : b h = a h b : e h f, folglich

$$a\,h\,b = \frac{f\,h}{b\,h} \cdot e\,h\,f,$$ oder, wenn wir den beständigen Winkel e h f = v, und (385.) f h = 8 Zolle setzen,

$$a\,h\,b = \frac{8''}{b\,h} \cdot v$$

Daher die Vergrösserungszahl

$$n = \frac{8''}{b\,h} = \frac{96'''}{b\,h}.$$

Zusatz 2. Je kleiner also die Fokallänge der Linse b h, oder, was eben so viel ist, (344. Zus. 3.) je kleiner der Radius der Seiten derselben, je erhabener also das Glas ist, desto mehr vergrössert sie. Aber mit der Verkleinerung der Fokallänge nimmt auch das Gesichtsfeld, die Möglichkeit vollkommener Beleuchtung, und die Bequemlichkeit des Beobachtens ab, weil bey dem Gebrauche solcher Linsen der Gegenstand

in den Brennpunkt, das Auge aber soviel möglich an die Linse gebracht werden muß.

387. Die zusammengesetzten Mikroskope bestehen entweder aus 2 Linsen, von welchen das eine Ocular-, das andere Objectivglas heißt, oder aus 3 Linsen, wo dann das dritte zwischen die vorigen gebrachte Kollectivglas heißt.

388. Es sey daher (Fig. 111.) m n das Objektiv, s r das Ocular, und so gestellt, daß ein durch m n entworfenes Bild in den Brennpunkt des Oculares fällt. Ist nun a b die Hälfte eines sehr kleinen Gegenstandes, welcher sich ausser der Brennweite von m n befindet, so entsteht das umgekehrte Bild desselben $\alpha\beta$ ebenfalls ausser der Brennweite hinter dem Glase, und weil es sich in dem Brennpunkte von s r befindet, so werden durch s r die Strahlen mit ihren Achsen parallel, kommen also in das Auge o in derjenigen Lage, durch welche ein deutliches Sehen möglich wird. Das Auge sieht den Gegenstand umgekehrt und unter dem Sehewinkel $k\,o\,r = \alpha\,k\,\beta$.

Zusatz 1. Die Vergrösserungszahl N läßt sich auch hier wieder leicht finden; denn in den $\triangle\triangle\, k\beta\alpha$ und $h\beta\alpha$ ist

$$k\beta : \alpha\beta = \text{Sin. tot.} : \text{Tang. } \alpha\,k\beta$$
$$\alpha\beta : h\beta = \text{Tang. } \alpha\,h\beta : \text{Sin. tot.}$$

Daher wegen der Kleinheit der Winkel, und $\alpha k\beta = k\,o\,r$

$$k\beta : h\beta = \alpha\,h\beta : k\,o\,r, \text{ und}$$
$$k\,o\,r = \frac{h\beta}{k\beta} \cdot \alpha\,h\beta$$
$$= \frac{h\beta}{k\beta} \cdot a\,h\,b$$

abb wäre der Winkel, unter welchem man den Gegenstand durch das eine Glas mn sehen würde. Dieser Winkel aber ist (386. Zus. 1.) $= \frac{8''}{bh} \cdot v$, also ist

$$kor = \frac{h\beta}{k\beta} \cdot \frac{8''}{hb} \cdot v$$

Unter v würde man den Gegenstand ohne alles Glas sehen, folglich ist die Vergrösserungszahl

$$N = \frac{h\beta}{k\beta} \cdot \frac{8''}{bh} = \frac{h\beta}{k\beta} \cdot \frac{96'''}{bh}$$

Zusatz 2. Ist f die Fokallänge des Objectives, φ die Fokallänge des Oculares $= k\beta$, und d der Abstand des Gegenstandes $= bh$, so wird (344. Z. 2. 4.)

$$h\beta = \frac{d \cdot f}{d - f}, \text{ folglich}$$

$$N = \frac{d \cdot f}{(d-f)\varphi} \cdot \frac{8''}{d}$$

$$= \frac{8'' f}{(d-f)\varphi} = \frac{96''' : f}{(d-f)\varphi}$$

Zusatz 3. Je gröſſer also die Fokallänge (Radius) des Objectives, und je kleiner die Fokallänge (Radius) des Oculares nebst dem Abstande des Gegenstandes ist, desto mehr vergröſſert dieses Mikroskop.

Zusatz 4. Ein leichter Kalkul zeigt, daß, wenn die Vergrösserungszahl N, der Abstand d, und die Fokallänge des Oculares φ gegeben sind, die Fokallänge des Objectives

$$f = \frac{N \cdot d \cdot \varphi}{8' + N\varphi}$$

Hingegen unter ähnlichen Umständen

$$\varphi = \frac{8'' f}{N (d - f)} \text{ und}$$

$$d = \frac{f\, 8'' + N . \varphi}{N . \varphi}$$

Zusatz 5. Eben so findet sich leicht für den Abstand der beyden Gläser von einander, daß er um so grösser seyn müsse, je mehr man durch Annäherung des Gegenstandes an Vergrösserung gewinnen will. Zugleich verliert man aber auch durch diese Annäherung am Gesichtsfelde.

389. Um dieses zu vermeiden, bringt man (Fig. 112.) zwischen das Objectiv- und Ocular- noch das Kollectivglas t q. Durch dieses wird das Bild, welches sonst umgekehrt in ABC geworfen worden wäre, etwa nach $\alpha\beta\gamma$ gebracht, weil die auf dasselbe convergirend einfallenden Strahlen nun früher gesammelt werden müssen. Befindet sich nun dieses Bild im Brennpunkte des Oculares s r, so kommen die Strahlen parallel aus demselben in das Auge o, und bringen also deutliches Sehen hervor. Der Winkel, unter welchem nun der Gegenstand gesehen wird, ist offenbar s o r, und für die Hälfte des Gegenstandes $k\, o\, r = \alpha\, k\, \beta$.

Zusatz 1. Die Vergrösserungszahl N läßt sich auch hier auf eine ähnliche Art, wie für die vorher behandelten Mikroskope finden; denn in den $\triangle\triangle\ \alpha\beta k$ und $\alpha\beta p$ ist

$$k\beta : \alpha\beta = \text{Sin. tot.} : \text{Tang. } \alpha\, k\, \beta$$

$$\alpha\beta : p\beta = \text{Tang. } \alpha\, p\, \beta : \text{Sin. tot.}$$

Also wegen der Kleinheit der Winkel

$$k\beta : p\beta = \alpha p\beta : \alpha k\beta, \text{ und}$$

$$kor = \alpha k\beta = \frac{p\beta}{k\beta} \cdot \alpha p\beta$$

$$= \frac{p\beta}{k\beta} \cdot ApB$$

Eben so ist in den $\triangle\triangle$ ApB und AhB

$$Bp : AB = \text{Sin. tot.} : \text{Tang. } ApB$$

$$AB : Bh = \text{Tang. } AhB : \text{Sin. tot.}, \text{ also}$$

$$Bp : Bh = AhB : ApB, \text{ folglich}$$

$$ApB = \frac{Bh}{Bp} \cdot AhB$$

$$= \frac{Bh}{Bp} \cdot ahb, \text{ und}$$

$$kor = \frac{p\beta}{k\beta} \cdot \frac{Bh}{Bp} \cdot ahb, \text{ oder (386. Z. 1.)}$$

$$= \frac{p\beta}{k\beta} \cdot \frac{Bh}{Bp} \cdot \frac{8''}{bh} \cdot v.$$

Die Vergrösserungszahl wird daher

$$\mathfrak{N} = \frac{p\beta}{k\beta} \cdot \frac{Bh}{Bp} \cdot \frac{8''}{bh} \cdot$$

Zusatz 2. Um die Vergrösserungszahl N zu finden, wird gewöhnlich nichts gegeben, als die Fokallängen der Gläser, die Entfernung des Kollectives von dem Objective $= ph$, und der Abstand des Gegenstandes d von eben demselben $= d$. Daher müssen die obigen Grössen daraus erst gefunden werden. Es sey daher die Fokallänge des Objectives $= f$, des Oculares $= \varphi$, des Kollectives $= \psi$, $bh = d$, und $ph = \delta$, so wird (344. Z. 2.)

$$Bh = \frac{d \cdot f}{d - f}$$

Ist Bh gefunden, und (ex hyp.) ph gegeben, so ist auch

$$Bp = Bh - ph = \frac{d \cdot f}{d -} - \delta \text{ bekannt.}$$

Weil auf das Kollective die Strahlen so convergirend einfallen, daß die Spitzen der Strahlenkegel in ABC liegen, so wird

$$\beta p = \frac{Bp \cdot \psi}{Bp + \psi}$$

$k\beta$ ist ohnehin $= \varphi$ gegeben. Also läßt sich daraus R selbst finden.

Zusatz 3. Daraus geht aber für R folgende Formel hervor:

Da $Bh = \frac{d \cdot f}{d - f}$, so wird

$$R = \frac{\beta p}{\varphi} \cdot \frac{d \cdot f}{(d-f)\,Bp} \cdot \frac{8''}{d}$$

$$= \frac{\beta p}{\varphi} \cdot \frac{8'' f}{(d-f)\,Bp}$$

Da $Bp = Bh - hp = \frac{d \cdot f}{d - f} - \delta$

$$= \frac{df - \delta d + \delta f}{d - f}, \text{ so wird}$$

$$R = \frac{\beta p}{\varphi} \cdot \frac{8'' f}{d - f} \times \frac{d - f}{df - \delta d + \delta f}$$

$$= \frac{\beta p}{\varphi} : \frac{8'' f}{df - \delta d + \delta f}$$

$$\text{Weil } \beta p = \frac{Bp \cdot \psi}{Bp + \psi}$$

$$= \frac{(df - \delta d + \delta f)\psi}{d - f} : \left(\frac{df - \delta d + \delta f}{d - f} + \psi\right)$$

$$= \frac{(df - \delta d + \delta f)\psi}{df - \delta d + \delta f + d\psi - f\psi} : \frac{df - \delta d + \delta f + d\psi - f\psi}{d - f}$$

$$= \frac{(df - \delta d + \delta f)\psi}{df - \delta d + \delta f + d\psi - f\psi}$$

$$= \frac{(df - \delta d + \delta f)\psi}{d(f - \delta + \psi) + f(\delta - \psi)}, \text{ folglich}$$

$$\mathfrak{N} = \frac{\psi(df - \delta d + \delta f)}{\varphi((f - \delta + \psi)d + f(\delta - \psi))} \cdot \frac{8'' f}{df - \delta d + \delta f}$$

$$= \frac{\psi}{\varphi} \cdot \frac{8'' f}{(f - \delta + \psi)d + f(\delta - \psi)}$$

Zusatz 4. Je grösser daher die Fokallängen des Objectives und Kollectives f und ψ, und je kleiner die Fokallänge des Oculares und der Abstand d sind, desto mehr vergrössert dieses Mikroskop.

Zusatz 5. Durch eine Veränderung der obigen Formel findet sich der Abstand des Kollectives von dem Objective

$$\delta = \frac{\mathfrak{N} \cdot \varphi(fd + \psi d - f\psi) - 8'' f\psi}{\mathfrak{N} \cdot \varphi(d - f)}$$

Die Fokallänge des Kollectives

$$\psi = \frac{\mathfrak{N} \cdot \varphi(\delta d - \delta f - fd)}{\mathfrak{N} \cdot \varphi(d - f) - 8'' f}$$

Die Fokallänge des Objectives

$$f = \frac{\mathfrak{N} \cdot \varphi \cdot d(\delta - \psi)}{\mathfrak{N} \cdot \varphi(d + \delta - \psi) - 8'' \psi}$$

Die Fokallänge des Oculares

$$\varphi = \frac{8'' \cdot f \cdot \psi}{\mathfrak{N}((f + \psi - \delta)d + f(\delta - \psi))}$$

Der Abstand des Gegenstandes

$$d = \frac{\mathfrak{N} \cdot \varphi \cdot f(\psi - \delta) + \mathfrak{B}'' f\psi}{\mathfrak{N} \cdot \varphi (f + \psi - \delta)}$$

e. Fernröhre.

α. Dioptrische.

390. Es ist oben bemerkt worden, daß wir sehr entfernte Gegenstände mit freyem Auge entweder nur sehr undeutlich, oder gar nicht wahrnehmen, weil der Sehewinkel zu klein wird; daß wir diesem nothwendigen Mangel unseres Auges durch Fernröhre zu Hilfe kommen, und daß sie entweder dioptrische, oder katoptrisch-dioptrische sind. Die dioptrischen Fernröhre sind nach ihrer verschiedenen Einrichtung a) das holländische oder galiläische, b) das astronomische, und c) das gemeine Perspectiv.

391. Das holländische Fernrohr (Fig. 113.) besteht aus einem erhabenen Objective mn, und einem concaven Oculare sr. Fallen nun von dem Gegenstande ab die Strahlen auf die Linse mn, so werden sie hinter derselben das umgekehrte Bild αβ entwerfen. Das Ocular ist aber so gestellt, daß dieses Bild in die Zerstreuungsweite desselben fällt. Daher werden die convergirend auffallenden Strahlen (346.) nach ihrem Austritte aus dem Glase parallel mit ihren Achsen, αk, βk, kommen in dieser Lage in das Auge, und bewirken also deutliches Sehen; und da von dem Auge der Punkt α nach A, β nach B referirt wird, so ist das Bild ein aufrechtes. Der Winkel, unter welchem das Auge den Gegenstand sieht, ist offenbar βkα.

Zusatz 1. Man sagt gewöhnlich, Fernröhre ziehen den Gegenstand dem Auge näher. Eigentlich vergrösfern sie aber den Sehewinkel so, daß uns der Gegenstand in seiner Entfernung so groß erscheint, als er uns in einer kleinern ohne Fernrohr erscheinen würde. Die Vergrösserungszahl finden wir wieder leicht auf die nämliche Art, wie oben bey den Mikroskopen. Da nämlich $\beta k \alpha$ der Sehewinkel ist, und in den $\triangle\triangle$ $\alpha k \beta$, $\alpha h \beta$

$$\beta k : \beta \alpha = \text{Sin. tot.} : \text{Tang. } \beta k \alpha$$
$$\beta \alpha : \beta h = \text{Tang. } \beta h \alpha : \text{Sin. tot.}, \text{ also}$$
$$\beta k : \beta h = \beta h \alpha : \beta k \alpha, \text{ folglich}$$
$$\beta k \alpha = \frac{\beta h}{\beta k} \cdot \beta h \alpha$$
$$= \frac{\beta h}{\beta k} \cdot b h a$$

bha wäre aber der Sehewinkel, unter welchem man den Gegenstand von h, also auch ohne Fehler von k aus ohne Glas sehen würde, folglich ist die Vergrösserungszahl

$$n = \frac{\beta h}{\beta k}$$

Zusatz 2. Ist f die Brennweite des Objectives, φ die Zerstreuungsweite des Oculares $= \beta k$, so wird (344. Zus. 4.)

$$n = \frac{d f}{(d - f) \varphi}$$

Zusatz 3. Die Vergrösserung, wenn d constant ist, wird also um so beträchtlicher, je grösser die Brennweite des Objectives, und je kleiner die Zerstreuungsweite des Oculares ist.

392. Das astronomische oder keplerische Fernrohr (Fig. 114.) besteht aus 2 Linsengläsern m n, s r,

welche so gestellt sind, daß das umgekehrte Bild des Objectives $\alpha\beta$ in die Brennweite des Oculares $k\beta$ fällt. Dadurch kommen die Strahlen parallel mit ihren Achsen kg, ko, deutliches Sehen hervorbringend, in das Auge. Weil aber α nach der Richtung ok, β nach der Richtung gk gesehen wird, so wird der Gegenstand umgekehrt gesehen. Deßwegen bedient man sich dieses Fernrohres auch nur in der Astronomie, und in solchen Fällen, wo es gleichgültig ist, ob der Gegenstand aufrecht, oder umgekehrt gesehen wird. Der Winkel, unter welchem die Gegenstände gesehen werden, ist $gke = \alpha k\beta$:

Zusatz 1. Daher läßt sich die Vergrösserungszahl N immer wieder sehr leicht finden; denn da in den $\triangle\triangle$ $\alpha k\beta$ und $\beta h\alpha$

$$\alpha\beta : \beta k = \text{Tang. } \alpha k\beta : \text{Sin. tot.}$$
$$\beta h : \alpha\beta = \text{Sin. tot.} : \text{Tang. } \alpha h\beta, \text{ also}$$
$$\beta h : \beta k = \alpha k\beta : \alpha h\beta, \text{ folglich}$$
$$\alpha k\beta = \frac{\beta h}{\beta k} \cdot \alpha h\beta$$
$$= \frac{\beta h}{\beta k} \cdot ahb, \text{ und die Vergrösserungszahl}$$
$$N = \frac{\beta h}{\beta k}.$$

Zusatz 2. Sind f und φ die Fokallängen des Objectives und Oculares, so ist

$$N = \frac{df}{(d+f)\varphi}.$$

Zusatz 3. Es hängt also, wenn d beständig ist, die Vergrösserung von der Grösse des f, und der Kleinheit des φ ab.

393. Um den Gegenstand aufrecht zu sehen, setzt man in den gemeinen Perspectiven (Fig. 115.) zwischen das Objectiv mn, und Ocular sr noch 2 Oculare tv, pq, so, daß die 3 Oculare um die Summe ihrer Fokallängen von einander abstehen.

Bey dieser Zusammenstellung wird durch das Objectiv das umgekehrte Bild $\alpha\beta$ im Brennpunkte von tv entworfen. Daher fallen die Strahlen parallel mit den Achsen αd, βw, und geben also im Brennpunkte von pq das umgekehrte Bild AB von $\alpha\beta$, also ein aufrechtes von ab im Brennpunkte von pq, und weil es sich zugleich im Brennpunkte von sr befindet, so kommen die Strahlen parallel mit ihren Achsen ko, kg in das Auge, verursachen also ein deutliches Sehen, und zwar unter dem Sehewinkel $gko = AkB$.

Zusatz 1. Da in den $\triangle\triangle$ AkB, $A\omega B$

$$AB : Bk = \text{Tang. } AkB : \text{Sin. tot.}$$

$$B\omega : BA = \text{Sin. tot.} : \text{Tang. } A\omega B, \text{ also}$$

$$AkB = \frac{B\omega}{Bk} \cdot A\omega B$$

$$= \frac{B\omega}{Bk} \cdot du\varphi$$

$$= \frac{B\omega}{Bk} \cdot \beta u\alpha$$

In den $\triangle\triangle$ $\beta u\alpha$, $\beta h\alpha$ ist

$$\alpha\beta : \beta u = \text{Tang. } \beta u\alpha : \text{Sin. tot.}$$

$$\beta h : \beta\alpha = \text{Sin. tot.} : \text{Tang. } \beta h\alpha, \text{ also}$$

$$\beta u\alpha = \frac{\beta h}{\beta u} \cdot \beta h\alpha$$

$$= \frac{\beta h}{\beta u} \cdot ahb, \text{ folglich}$$

$$AkB = \frac{B\omega}{Bk} \cdot \frac{\beta h}{\beta u} \cdot ahb.$$

Daher wird die Vergrösserungszahl

$$\mathfrak{N} = \frac{B\omega}{Bk} \cdot \frac{\beta h}{\beta u}$$

Zusatz 2. Sind die Fokallängen des Objectives f, die der Oculare aber $\varkappa$, ψ, φ, so wird

$$\beta h = \frac{df}{d-f}, \text{ also}$$

$$\mathfrak{N} = \frac{\psi}{\varphi} \cdot \frac{df}{(d-f)\varkappa}$$

Zusatz 3. Sind, wie gewöhnlich, die Fokallängen der Oculare gleich, oder $\psi = \varkappa = \varphi$, so wird

$$\mathfrak{N} = \frac{df}{(d-f)\varphi}.$$

Zusatz 4. Daher hängt auch hier die Vergrösserung, wenn d beständig ist, nur von der Grösse der Fokallänge des Objectives, und der Kleinheit der Fokallänge des Okulares ab.

Zusatz 5. Da die Sammlungsweite des Objectives $\frac{df}{d-f}$ um so grösser wird, je kleiner d ist, so müssen bey Betrachtung näherer Gegenstände die Gläser mehr auseinander gezogen werden.

Zusatz 6. Ein kurzsichtiges Auge sieht nur bey einer Divergenz, ein weitsichtiges aber bey einiger Convergenz der Strahlen. Daher müssen für jenes die Gläser näher gerückt, für dieses mehr auseinander gezogen werden.

Zusatz 7. Verbessernde, zum Theil nothwendige Anrichtungen bey einem Fernrohre sind die Aperture, die Blende, der Vorschuß am Oculare und Objective, die schwarze Farbe der innern Wände.

394. Ein sehr wichtiger Fehler der gewöhnlichen Fernröhre ist (wie man sich auszudrücken pflegt) die Abweichung des Lichtes wegen der verschiedenen Brechbarkeit der Strahlen. Newton versuchte Mancches, demselben abzuhelfen, fand aber kein genugthuendes Mittel, und verzweifelte endlich an der Möglichkeit, eines zu finden. Durch Newton's Ansehen veranlaßt, gab man alle fernern Versuche auf, bis 1747. Euler in einer eigenen Abhandlung vorschlug, verschiedene Glasarten miteinander zu verbinden, und die Möglichkeit zeigte, den genannten Fehler zu vermeiden. Dollond machte sich an die Ausführung dieses Vorschlages, und fand nach vielen Versuchen, daß eine Verbindung von englischem Krystallglase und Crownglase die wechselseitigen Fehler aufhebe. Daher verfertigte er Objective, welche aus einem Hohlglase von Krystallglase, und aus einer Linse von Crownglase zusammengesetzt waren. In der Folge erhielten diese Gläser noch dadurch eine Verbesserung, daß man sie aus zwey Linsen von Crownglase und einem dazwischen liegenden Hohlglase von Krystallglas verfertigte.

395. Diese Zusammensetzung gewährt den Vortheil, daß a) durch sie die bunten Ränder, welche die Bilder in den gemeinen Fernröhren umgeben, und alles falsche Licht beynahe völlig vermieden werden (368. Z. 4.). Deßwegen heissen die mit solchen Objectiven verfehenen Fernröhre achromatische (farbenlose) oder, von ihrem Erfinder, dollondische. b) Diese Gläser geben überdieß eine viel beträchtlichere Vergrösserung; denn ist das Objectiv aus 2 Gläsern mn und op (Fig. 116.) zusammengesetzt, so werden die parallel auffallenden Strahlen mm, nn durch die Linse in dem

Brennpunkte derselben f gesammelt werden. Da sie aber durch das Hohlglas op noch zerstreut werden, ihre Convergenz also vermindert wird, so werden sie sich etwa erst in φ sammeln.

Besteht das Objectiv aber aus 2 Linsen (Fig. 117.) mn und qr, und dem Hohlglase op, so werden die parallelen Strahlen mm, nn durch mn auf f, durch mn und op zugleich auf φ, durch alle 3 Gläser aber, weil qr wieder convergirend macht, auf ψ gesammelt.

Da nun die Vergrösserungszahl der Fernröhre immer mit der Fokallänge des Objectives wächst (393. Zus. 4.), so ist's klar, warum dollondische Fernröhre auf einen so hohen Grad vergrössern.

Zusatz 1. Ist die Fokallänge der Linse eines doppelten Objectives f, die Zerstreuungsweite des Hohlglases z, so ist nach dioptrischen Grundsätzen (344. Z. 4.) die Fokallänge des Objectives $= \frac{f \cdot z}{-f+z}$

Daher muß immer $z > f$ seyn, weil sonst das Objectiv zerstreuen würde.

Zusatz 2. Bey einem dreyfachen Objective kann zwar die Zerstreuungsweite grösser, als die Fokallänge der Linsen seyn, und es wird dann der Brennpunkt, wie oben, anstatt nach φ nach ψ kommen. Ist aber auch die Zerstreuungsweite kleiner, als die Brennweite der ersten Linse, so, daß die Strahlen aus dem Hohlglase so ausgehen, als durchschnitten sie sich hinter der Linse mn nach den Richtungen og, pl, so wird sie doch die Linse qr wieder sammeln, und ihr Brennpunkt etwa auf φ fallen. Dollond setzte seine besten Gläser so zusammen, daß die

Fokallänge von mn = 29, von qr = 26,6, die Zerstreuungsweite von op aber = 22,4 Zoll war.

Zusatz 3. Bey einer Länge von 3 Fuß kann ein solches Fernrohr eine 60 fache, von 14 Fuß eine 320 fache Vergrösserung im Durchmesser bewirken, und daher eben so viel leisten, als ein 200 Fuß langes mit einem gewöhnlichen einfachen Objective.

8. Dioptrisch, katoptrische Fernröhre.

396. Da man (394.) die Möglichkeit achromatischer Fernröhre geläugnet hatte, so kam man auf den Gedanken, dioptrisch, katoptrische durch Verbindung von Spiegeln und Gläsern zu construiren, weßwegen solche Werkzeuge den Namen der Spiegelteleskope (Reflectoren) führen.

Gregory, ein Holländer, schlug vor, die von einem sehr weit entfernten Gegenstande kommenden Strahlen in dem Brennpunkte eines metallenen in der Mitte durchbrochenen parabolischen Hohlspiegels reflectiren zu lassen. Steht diesem Spiegel ein anderer elliptischer so gegenüber, daß der Brennpunkt desselben mit dem Brennpunkte des ersten zusammenfällt, so werden die Strahlen sich in dem zweyten Brennpunkte der Ellipse sammeln, und wenn nun in der Oeffnung des Hohlspiegels eine Linse steht, deren Brennpunkt in den zweyten der Ellipse fällt, so werden die Strahlen aus der Linse parallel in das Auge fallen, und daher deutliches Sehen hervorbringen.

Zusatz. Gregory führte seinen Vorschlag selbst nie aus, weil er keine guten parabolischen und ellipschen Spiegel erhalten konnte.

397. Newton setzte für Gregory's paraboliſchen Spiegel einen ſphäriſchen sv, (Fig. 118.) für den elliptiſchen einen ebenen mn, welcher aber ſchief und ſo geſtellt iſt, daß die von dem Hohlſpiegel reflectirten Strahlen sn, to eher auf ihn treffen, als ſie das Bild αβ des ſehr weit entfernten Gegenſtandes AB entwerfen, und von ihm daher das Bild ab hervorgebracht wird. Dieſes Bild fällt aber in den Brennpunkt des Oculares pq, und die Strahlen kommen alſo aus ihm parallel mit ihren Achſen kw, kr unter dem Winkel rkw in das Auge.

Zuſatz 1. Da der Sehewinkel, unter welchem in dieſem Teleskope der Gegenſtand erſcheint, rkw = akb, und in den △△ akb, aob

bk : ab = Sin. tot. : Tang. akb

ab : ob = Tang. aob : Sin. tot., alſo

bk : ob = aob : akb, ſo wird

$$akb = \frac{ob}{bk} \cdot aob$$

$$= \frac{ob}{bk} \cdot \alpha o \beta$$

In den △△ αoβ, αcβ iſt aber

αβ : βo = Tang. αoβ : Sin. tot.

βc : αβ = Sin. tot. : Tang. αcβ, alſo

$$\alpha o \beta = \frac{\beta c}{\beta o} \cdot \alpha c \beta$$

$$= \frac{\beta c}{\beta o} \cdot BcA, \text{ folglich}$$

$$akb = \frac{ob}{bk} \cdot \frac{\beta c}{\beta o} \cdot BcA, \text{ und weil}$$

ob = βo

$$= \frac{\beta c}{bk} \cdot BcA$$

Die Vergrösserungszahl also

$$N = \frac{\beta c}{bk}$$

Zusatz 2. Ist der Gegenstand so ferne, daß seine Strahlen als parallel angenommen werden können, so ist (359.) $\beta c = t\beta = \frac{1}{2} r =$ der Fokallänge des Hohlspiegels f. Ist nun die Fokallänge des Oculares $= bk = \varphi$, so wird

$$N = \frac{f}{\varphi}$$

Zusatz 3. Dieses Teleskop vergrössert also eben so stark, als ein gewöhnliches Fernrohr, dessen Objectiv und Ocular die Fokallängen f, φ haben (392. 393.).

Zusatz 4. Da man mit diesem Teleskope nicht gerade auf den Gegenstand hinsehen kann, so hat Newton damit noch ein kleines astronomisches Fernrohr, das man den Finder nennt, verbunden.

398. Da das newton'sche Teleskop das gerade Hinsehen auf den Gegenstand unmöglich macht, so hat Hadley die gregory'sche Einrichtung vorgezogen, derselben aber einige wichtige Verbesserungen hinzugesetzt. Seine Spiegel sind nämlich sphärisch, und anstatt Einem Oculare, gebraucht er zwey. Es sey (Fig. 119.) sv ein metallener sphärischer durchbrochener Hohlspiegel, dessen Mittelpunkt in c, und Brennpunkt in f ist. Ihm gegenüber stehe der gleichfalls sphärische kleine Hohlspiegel $\sigma\rho$, dessen Mittelpunkt in k, und Brennpunkt in φ ist, so, daß das umgekehrte Bild ab des Gegenstandes AB durch den grossen Spiegel nicht weit ausser dem Brennpunkte des kleinen entworfen wird. Die von dem kleinen Spiegel reflectirten Strahlen werden sich irgendwo in ihren

Achsen vereinigen, und das aufrechte Bild Tr geben. Steht aber in der Durchbrechung des grossen Spiegels die Linse m n, so werden die ohnehin convergirenden Strahlen sich an ihren Achsen hT, hr etwa in α, β sammeln, und das Bild $\alpha\beta$ geben, welches von dem Auge deutlich unter dem Winkel $r\omega g$ gesehen wird, wenn ein zweytes Ocular so gestellt ist, daß $\alpha\beta$ in seinem Brennpunkte liegt, die Strahlen also parallel in das Auge kommen.

Zusatz 1. Da der Sehewinkel hier $r\omega g = \alpha\omega\beta$, und in den $\triangle\triangle$ $\alpha\omega\beta$, $\alpha h\beta$

$\alpha\beta : \beta\omega =$ Tang. $\alpha\omega\beta$: Sin. tot.

$\beta h : \alpha\beta =$ Sin. tot. : Tang. $\alpha h\beta$, also

$$r\omega g = \alpha\omega\beta = \frac{\beta h}{\beta\omega}, \alpha h\beta$$

$$= \frac{\beta h}{\beta\omega} . \text{Th}\omega.$$

In den $\triangle\triangle$ Thω und Tkω aber ist

Tω : ωh = Tang. Thω : Sin. tot.

ωk : Tω = Sin. tot. : Tang. Tkω, also

$$\text{Th}\omega = \frac{\omega k}{\omega h} . \text{Tk}\omega$$

$$= \frac{\omega k}{\omega h} . \text{akb, also}$$

$$r\omega g = \frac{\beta h}{\beta\omega} . \frac{\omega k}{\omega h} : \text{akb}$$

In den $\triangle\triangle$ akb und acb ist

ba : bk = Tang. akb : Sin. tot.

bc : ba = Sin. tot. : Tang. acb, also

$$akb = \frac{bc}{bk} \cdot acb$$

$$= \frac{bc}{bk} : AcB, \text{ folglich}$$

$$r\omega g = \frac{\beta h}{\beta \omega} \cdot \frac{\omega k}{\omega h} : \frac{bc}{bk} \cdot AcB$$

Die Vergrösserungszahl also

$$N = \frac{\beta h}{\beta \omega} \cdot \frac{\omega k}{\omega h} \cdot \frac{bc}{bk}$$

Zusatz 2. Indessen sind Herschel's Riesenteleskope nach Newton's Anrichtung gebauet. Aber der Hohlspiegel ist paraboliſch. Um sich einen Begriff von der Grösse eines solchen Werkzeuges machen zu können, setze ich nur hieher, daß sein 40 füßiges, 1787. gebautes, 5 Fuß Durchmesser, 4 Fuß, 10 Zoll Oeffnung habe, der Spiegel allein 1035 ℔., das Ganze 4000 ℔. wiege. Die ganze Anrichtung bildet ein bewegliches Observatorium, dessen Durchmesser = 50 Fuß ist. Die Kosten stiegen auf 2000 ℔. Sterling.

399. Am Ende will ich noch die Beschreibung einiger gewöhnlichen katoptrisch-dioptrischen Instrumente hinzuthun. Es sind diese a) die Camera obscura, b) die Zauberlaterne, und c) das Sonnenmikroskop.

a. Die Camera obscura.

400. Die Camera obscura (Fig. 120.) ist nichts, als ein gewöhnliches verfinstertes Zimmer ghcd, in dessen Fensterladen eine Linse sr eingesetzt ist. Die Wirkung dieser Einrichtung ist, daß die Gegenstände a, b, c, welche sich ausser dem Zimmer befinden, auf

einer hinter die Linse gebrachten Fläche $\alpha\beta\gamma$ umgekehrt abgebildet werden.

Zusatz 1. Man hat dieser Anrichtung eine tragbare Einrichtung gegeben, indem an die Stelle des Zimmers ein hölzernes Kästchen gesetzt, und, um die Gegenstände auch sogleich abzeichnen zu können, in ch ein Planspiegel angebracht wurde, durch welchen das Bild auf mattgeschliffenes Glas gh, oder feines Papier geworfen wird. Wenn nämlich abc ein Gegenstand ausser der Linse sr ist, so werden sich die Strahlen irgendwo nach dem Abstande ob, oa, oc hinter derselben sammeln, und das Bild $\alpha\beta\gamma$ entwerfen. Steht nun der Planspiegel unter 45° zwischen der Linse und dem Orte des Bildes, so wird dieses von ihm so reflectirt, daß es eben so weit vor demselben entworfen wird, als es hinter denselben gefallen wäre, und muß also in ABC erscheinen.

Zusatz 2. Man sieht leicht, daß sich diesem Werkzeuge verschiedene Einrichtungen geben lassen, daß es aber immer für die Deutlichkeit des Bildes nothwendige Bedingung sey, daß dasselbe in einem finstern Orte entstehe. Weßwegen entweder ein hölzerner Deckel, oder schwarzes Tuch über gh angebracht werden muß.

b. Zauberlaterne.

401. Die Zauberlaterne (Fig. 121.) besteht nach ihrer gewöhnlichen Einrichtung aus einem Hohlspiegel sr, in dessen Brennpunkte f sich eine Lichtflamme befindet, von deren unmittelbaren und reflectirten Strahlen der Gegenstand ab stark beleuchtet wird. Steht nun vor demselben eine Linse mn in einem solchen Abstande, daß die Strahlen von a und b

zwar weniger divergirend, aber doch nicht convergirend werden, so fallen sie auf die zweyte Linse pq so, als wenn sie von den weiter rückwärts liegenden Punkten α, β ausgegangen wären, und geben daher in AB das vergrösserte Bild von ab.

Zusatz. Es läßt sich zwar auch durch Eine Linse die nämliche Wirkung hervorbringen. Allein die Einrichtung ist wegen der Fokallänge und Stellung der Linse vielen Schwierigkeiten unterworfen.

c. Sonnenmikroskop.

402. Das Sonnenmikroskop (Fig. 122.) hat seinen Namen daher, weil zu dem Gebrauche desselben Sonnenstrahlen nothwendig sind. Fallen nämlich die Sonnenstrahlen Ss, Ss auf den (nach dem Stande der Sonne) so geneigten Planspiegel ss, daß sie in der horizontalen Lage sm, sn auf die Linse mn fallen, so werden sie zu den Brennpunkt convergiren, daher den kleinen Gegenstand ab sehr stark beleuchten. Steht dieser Gegenstand sehr wenig ausser dem Brennpunkte f der Linse pq, so werden sie sich in einer grossen Entfernung von derselben sammeln, und das umgekehrte Bild ABC geben.

Zusatz 1. Die Vergrösserung läßt sich, wie man leicht sieht, äusserst weit treiben. Im Grunde aber ist es nichts, als eine Anwendung der Theorie der Zauberlaterne. (401.)

Zusatz 2. Eben so das Adams'sche Lampenmikroskop, dessen wesentliche Einrichtung darin besteht, daß das Licht einer argand'schen Lampe durch eine Linse, in deren Brennpunkte es sich befindet,

parallel

parallel gemacht, auf einen Hohlspiegel fällt, von welchem es daher in seinen Brennpunkt reflectirt wird, und einen daselbst befindlichen Gegenstand stark beleuchtet, dessen Strahlen wieder durch eine Linse parallel gemacht werden, und hinter einem zweyten Sammlungsglase das vergrösserte Bild des Gegenstandes geben.

Anmerkung: Der Gebrauch und die mechanische Einrichtung aller dieser Instrumente muß durch Vorzeigung derselben deutlich gemacht werden.

VI.

Magnetische Erscheinungen.

403. In der Natur kann nirgends absoluter Tod seyn. Entweder offenbart sich wirkliches Leben durch Selbstbewegung in den Thieren und Pflanzen, oder Andrang zum Leben, sich darstellend in den Phänomenen der Beweglichkeit (durch Mittheilung).

Alles Leben kann nur im Kampfe der Factoren bestehen.

Das Andringen zu dem Leben verrieth sich uns durch die verschiedenen Stufen der Expansion von dem Festen bis zu dem Sonnenlichte verfolgt. Aber dieses Beleben war ein allseitiges, und nach allen Richtungen wirkendes Ausdehnen des zum Leben ankämpfenden Individuums, wodurch sein Ganzes gleichnamig afficirt wurde. Es entstanden daher ausgedehntere, aber immer noch homogene Substanzen, ohne daß an Ihnen ein Gegensatz hervorgetreten wäre.

Wird aber die Action an ein und dem nämlichen Individuum nur an einer Extremität einer individuellen Richtung offenbar, so muß an der entgegengesetzten Extremität der diese Richtung bezeichnenden Linie der Gegensatz hervortreten (Magnetismus).

Ist dieser Gegensatz an zwey Individuen hervorgetreten, so müssen die relativen Gegenstände derselben sich zur Einheit vereinigen, das erste Phänomen des Andranges zum Leben (Bewegung) äussern, und sich (wenn sie von keinem Hindernisse gestört werden) gegen einander bewegen.

Ist aber die Action an der Extremität einer Oberfläche (quadratisch) hervorgetreten, so muß auch hier eine Flächendifferenz an der entgegengesetzten Oberfläche hervorgehen, und wenn der Gegensatz an die Oberflächen zweyer Körper vertheilt ist, eine Entgegenwirkung zur Einigung Statt haben (Elektrizität.).

Wirken aber nicht Punkte oder Flächen, sondern die Substanzen als solche nach ihrer individuellen Ganzheit und ihrem relativen Gegensatze gegen einander, so wirken sie chemisch, und das Leben erstirbt scheinbar wieder in der Contraction.

404. Da unsere Erdachse auf die Ecliptik geneigt ist, so ist der Südpol der Erde der Lichtaction der Sonne mehr zugekehrt, als der Nordpol, folglich ist in Süd die größte, in Nord die kleinste Erregung zum Leben, am Aequator Gleichheit derselben. Unsere Erde (und aus dem nämlichen Grunde alle Planeten) ist ein natürlicher Magnet, dessen + Pol in Süd, dessen — Pol in Nord ist.

Zusatz. Daher finden sich die besten Magnete (Gmelin, Wallerius) in den Felsenwänden, welche dem Lichte bloß gestellt sind. Der Magnetstein wird erst am Tage polarisch (Weiner und Steffens). Schon Hermelin bemerkte, daß in den Kupfer- und Eisengruben zu Rökärr Magnete da angetroffen werden, wo sie durch Ausbrechen dem Wasser und der Luft (Lichte) ausgesetzt sind. „Es scheint, sagt er, dieser „Umstand sey nothwendig zur Entstehung des Mag„netes, und ausserdem werde aus dem Eisenerze „kein Magnet.“ Das Nämliche bemerkte Cronstedt von den Magneten am Högbärge in Dolland.

405. Die Erdkörper nehmen Theil an der allgemeinen irdischen Natur, sind daher selbst Magnete, und erregen einander wechselseitig zum Leben.

Zusatz 1. Daher hat auch jeder einzelne Magnet seine Pole. Da sich aber in der Natur immer nur das Heterogene einiget, das Homogene sich flieht, so muß der + Pol des einen den — Pol des andern anziehen, und umgekehrt.

Zusatz 2. Daher muß aber auch jeder Magnet einen seiner Pole gegen einen magnetischen Pol der Erde wenden, wenn er sich frey und ungehindert bewegen kann. Wir heissen denjenigen Pol den Nordpol, welcher ungefähr gegen Nord steht. Man sieht aber leicht, daß er sich zum magnetischen Nordpol der Erde verhalten müsse, wie Positives zum Negativen. Daraus erklärt sich die Einrichtung, Wirkung und Anwendung des Land- und Seecompasses.

Zusatz 3. Daher zeigte ein stehender Magnet auf einer Reise von England bis 10° N. B. am un-

tern Ende N, in der südlichen Halbkugel aber bis 8° 7′ S. B auch S, am Aequator bis 0,57′ B. keine Polarität (Bergmann). Eine eiserne Stange, welche längere Zeit am Boden steht, zeigt immer an dem untern Ende N.

Zusatz 4. Von Arnim führt 56 nicht metallische Stoffe auf, welche nach Brugmann's, Humboldt's u. a. Beobachtung magnetisch sind. Die meisten derselben bestehen aus verschiedenen Quantitäten Kieselerde, Talkerde mit Metall (Eisen, Eisenoxyd, Chromium, Chromiumoxyd, Braunstein). Sehr richtig bemerkt Hauy, daß sich der Magnetismus des Eisenoxydes, und überhaupt kleine Grade des Magnetismus den Beobachtungen der Physiker nur deßwegen entziehen, weil sie mit zu grossen Magneten untersuchen.

Zusatz 5. Um den schwachen Magnetismus an den Körpern wahrzunehmen, müssen sie den höchsten Grad der Beweglichkeit haben. Daher hieng sie Coulomb in Form von 7 bis 8 Millimeters langen und ¾ Millimeter dicken Cylinderchen an einem einfachen Faden Cocons-Seide, zwischen die entgegengesetzten Pole zweyer magnetischer Stäbe auf, brachte sie aus der Richtung, und beobachtete a) ob sie wieder in die Richtung zurückkehrten, und b) wie viele Schwingungen sie in einer gegebenen Zeit machten.

Zusatz 6. Chenevix läugnete den Magnetismus des von Eisen gereinigten Nickels und Kobalts, nahm aber seine Behauptung selbst wieder zurück.

406. Je grösser die Differenz zwischen den Actionen (Licht- und Cohärenzaction) ist, desto auffallender muß auch die Polarisirung seyn. Je cohärenter

Körper wirkt; so müssen diese alle sich mit ihr zu vereinigen streben, und, wenn sie daran auf was immer für eine Weise gehindert werden, sich wenigst gegen sie neigen. Diese zuerst in London von Rob. Normann genauer untersuchte Neigung (Inclination) des Magnetes muß in den 2 verschiedenen Hemisphären verschieden seyn, und sie ist in der nördlichen nördlich, in der südlichen südlich. Wo aber die Achse der Nadel mit der magnetischen Achse der Erde einen rechten Winkel bildet., da muß die Neigung auch = o seyn, die Nadel also horizontal stehen. In den Punkten der Erde, an welchen diese Horizontalität wahrgenommen wird, denkt man sich den magnetischen Aequator. Gleiche Neigung dieß, und jenseits desselben geben magnetische Parallelkreise.

Zusatz 1. Diesen Aequator fand Lamanon an den Küsten Brasiliens 10° 57′ S. B. 25° 25′ westlicher Länge von Paris. Humboldt fand ihn in Peru unter 7° 1′ S. B, und 80° 41′ W. L. Endlich fand ihn La Peyrouse, nachdem er das Cap Horn umsegelt hatte, auch in 18° N. B. 119° 7′ W. L. Zieht man durch diese Punkte eine Linie, so bildet sie beynahe einen größten Kreis unserer Erde, und nach Biot's Berechnung fällt der westliche Knoten des magnetischen Aequators im Erdäquator auf 120° 2′ 25″ W. L. von Paris, also in die Südsee etwas jenseits America's nicht weit von den Galipagos Inseln; der östliche Knoten aber auf 59° 57′ 55″ O. L. also in das indische Meer. Der Winkel, unter welchem beyde Aequatoren sich schneiden, ist = 10° 58′ 56″.

Zusatz 2. Diese Angaben kommen beynahe ganz mit denjenigen überein, welche vor ungefähr 50 Jahren Wilke und Lemonier gegeben haben. Sie setzten den magnetischen Aequator auf $7\frac{1}{3}$° S. B. in Peru, den Neigungswinkel auf 11°, den westlichen Knoten auf 140° W. L. Der magnetische Aequator scheint daher beständig, oder doch sehr wenig veränderlich zu seyn.

Zusatz 3. Die Inclination des Magnetes folgt, wie die Declination, einem eigenen Gesetze, welches trotz allen Anstrengungen der Naturforscher noch unbekannt ist. Nur weiß man, daß sie von dem Aequator gegen die Pole hin zunimmt, und in verschiedenen Jahreszeiten, und sogar in verschiedenen Stunden des Tages sich verändert.

Zusatz 4. Eine zu der Beobachtung der Neigung eingerichtete Nadel heißt ein Inclinatorium. Sie mißt dieselbe nach den Graden eines Kreisbogens.

409. Die Intensität des Magnetismus mißt man durch die Schwingungen, welche eine aus ihrer Richtung gebrachte Nadel in einer gewissen Zeit macht, und schließt von der kleinern Anzahl derselben in gleicher Zeit auf grössere Intensität. Dadurch fand Humboldt, daß die Intensität gegen die Pole hin abzunehmen scheint. La Place's Berechnungen stimmen mit der Erfahrung sehr gut zusammen.

Zusatz 1. Nach Humboldt's Erfahrungen ergeben sich vom magnetischen Aequator an 4 Zonen; nämlich die Anzahl der Schwingungen ist

Von 7° 1′ bis 2° 54′ S. B. nicht > 214 nicht < 211
„ 2° 13′ S. bis 3° 54′ N. B. „ „ 223 „ „ 214
„ 4° 36′ „ „ 8° 56′ „ „ „ „ 226 „ „ 220
„ 9° 15′ „ „ 23° 8′ „ „ „ „ 240 „ „ 229

Weiters hinaus ist nichts mehr bekannt.

Indessen wird die Regularität dieser Beobachtungen durch locale Umstände, z. B. Berge u. dgl., häufig abgeändert.

Zusatz 2. Die senkrechte Entfernung von der Erde scheint die Intensität nicht zu verändern; denn Gay Lussac und Biot fanden bey ihrer ersten Luftreise selbst in einer Höhe von 4000 Metres immer die nämliche Anzahl Schwingungen (5 auf 35 Sekunden). Auch bey Gay Lussac's zweyter Luftreise war die Differenz der Zeit von 10 Schwingungen in verschiedenen Höhen, und an der Erdoberfläche nur = 0,04 Sekunden. — Verschiedenheit der Schwingungen in verschiedenen Höhen auf der Erde scheinen, wie Humboldt bemerkt, Anomalien zuzuschreiben zu seyn, welche man auf einer Luftreise nicht bemerkt.

410. Ein Körper, welcher schon zum magnetischen Leben aufgeregt ist, wird selbst als Stellvertreter der Lichtaction das nämliche Leben in einem andern, der Erregung fähigen, zu erregen im Stande seyn.

Zusatz 1. Wenn man daher einen Stab aus Eisen oder Stahl mit einem Magnete wiederholt streicht, so giebt auch Er magnetische Wirkung, und hat das Vermögen, sie wieder andern mitzutheilen.

So ein Körper heißt nun ein künstlicher Magnet, welcher vor dem natürlichen viele Vorzüge hat.

Zusatz 2. Arten des Magnetisirens durch den einfachen Strich, Doppelstrich u. s. w.

Zusatz 3. Von magnetischen Batterien und dem sogenannten thierischen Magnetismus mündlich!

VII.

Elektrische Erscheinungen.

411. Analog den magnetischen Erscheinungen (nur nach der Fläche wirkend, wie jene nach der Linie) sind die elektrischen Erscheinungen, so genannt von dem Körper, an dem man sie zuerst wahrgenommen hat, dem Bernsteine (ἤλεκτρον). Schon Thales kannte sie, und das physikalisch-Wesentliche ist, wie am Magnete, das Einigen des Heterogenen, das Fliehen des Homogenen. Ist nämlich an einer Fläche eines Körpers eine Action aus was immer für einer Ursache überwiegend hervorgetreten, so muß an der entgegengesetzten Fläche die entgegengesetzte Action thätig werden, und sind diese Flächen sehr beweglich, so müssen sie sich mit einander vereinigen.

Zusatz 1. Ist daher die Differenz der Actionen auf die Flächen zweyer Körper vertheilt, so müssen die gleichnamigen sich fliehen, die ungleichnamigen sich suchen und einigen, in der Einigung aber wieder im Gleichgewichte scheinbar untergehen; oder mit

andern Worten: Wenn die metallene Stange a b (Fig. 123.) in a elektrisch wird, so erhält b den entgegengesetzten Zustand.

Zusatz 2. Werden daher die 2 metallenen Röhrchen a b, c d (Fig. 124.) auf Glasstangen miteinander in Berührung, und über a eine elektrisirte Glasstange gebracht, so wird auch a b und c d elektrisirt, aber a ist entgegengesetzt dem Glase, d entgegengesetzt dem a, wenn die Röhrchen auseinander gerückt sind. Setzen wir 3 solche Röhrchen A, B, C (Fig. 125.), so würde, wenn man die Glasstange über B bringt, die Elektrizität des B der des Glases entgegengesetzt, die des A und C derselben gleichnamig seyn.

Zusatz 3. An einer sechs Schuhe langen und etwa ½ Zoll dicken Glasstange wechseln auf ähnliche Weise die elektrischen Zustände miteinander, so daß (Fig. 126.) B, D, F der Glasstange gleichnamig, A, C, E entgegengesetzt sind.

412. Kömmt daher ein elektrischer Körper in die Nähe eines nichtelektrischen, so wird er ihn entweder, wenn er leicht beweglich, und sein Gewicht für die Grösse seiner elektrischen Thätigkeit nicht zu groß ist, mit sich vereinigen (anziehen), oder ihn wenigst durch Hervorbringung des entgegengesetzten Zustandes zu der Vereinigung vorbereiten.

Zusatz 1. Je höher aber die Differenz gesteigert ist, desto mächtiger muß auch das Streben zur Einigung, und die erfolgte Einigung selbst seyn.

Zusatz 2. Man sieht aber leicht, daß die Vereinigung nur der Fläche nach (nicht chemisch) geschehen könne, und daß sich nach der Einigung wieder

Homogeneität derselben, oder der indifferente Zustand werde darstellen müssen, die vereinigten Körper also entweder gemäß der Schwere auseinander fallen, oder gemäß ihres gleichnamigen elektrischen Zustandes sich fliehen (abstossen) werden.

Zusatz 3. Beyspiele dieser Erscheinung geben Tourmalin, wenn er über andere Körper gezogen, oder in Quecksilber getaucht worden, geriebene Glas- und Siegellackstangen, seidene Bänder durch die Finger gezogen. Symmers Erfahrung mit einem schwarzen und einem weissen seidenen Strumpfe u. dgl.

413. Es ist aber zwischen dem elektrischen Zustande der Körper eine grosse Verschiedenheit. Ein und der nämliche Körper bringt in 2 andern ganz entgegengesetzte Zustände hervor, so, daß sich 2 Reihen elektrisch entgegengesetzter Körper bilden. Während nämlich in der einen Reihe der positive Factor hervortritt, thut dieß in der andern der negative.

Zusatz 1. Man hat diesen Gegensatz zuerst an Glas und Harz bemerkt, und daher den Gegensatz der elektrischen Zustände, Glaselektrizität und Harzelektrizität genannt; Franklin, den die empirische Elektrizitätslehre wohl für ihren Vater anerkennen muß, nannte jene positive, diese negative Elektrizität. Lichtenberg führte deßwegen nach dem Begriffe des Gegensatzes und der Kürze wegen die Bezeichnung derselben durch + E und — E ein.

Zusatz 2. Nach Bergmann's Beobachtungen bildet + E Strahlenbüschel, — E aber einen abgerundeten Funken. Einen Harzkuchen mit + E oder — E an verschiedenen Punkten elektrisirt, und die Stellen mit gestossenem Schwefel, Semen Lycopodii

u. dgl., bestreuet, zeigt jene ramificirende, diese abgerundete Figuren. Es deutet also + E auf Zerstreuung (Expansion), — E auf Contraction hin.

Zusatz 3. Die Ansicht bestätiget sich durch andere Versuche, von welchen in der Folge die Rede seyn wird. Es entwickelt sich nämlich aus dem Wasser durch + E Sauerstoff, durch — E Wasserstoff. Es wirkt also + E hydrogenisirend (expandirend) auf das Wasser, weil es ihm Sauerstoff entzieht, — E aber oxydirend (contrahirend;) denn es liefert Wasserstoffgas. Dem — E entspricht daher in dieser Ansicht der stärkere Oxydationsprozeß, und von zwey Körpern muß also derjenige, welcher dem Sauerstoffe näher verwandt ist, — E werden. So giebt in ihrer Gegenwirkung

Glas + E, Schwefel — E
Glas + E, Metall — E
Harz + E, Metall — E
Haare + E, Harz — E
Holz + E, Schwefel — E u. s. w.

Damit stimmen auch Arnim's Versuche mit durchgesiebten Pulvern überein, bey welchen unter 58 nur 6 eine Ausnahme von diesem Gesetze machten.

Zusatz 4. Der elektrische Zustand eines Körpers wird gewöhnlich durch gut abgerundete Kügelchen aus Kork, Hollundermark, oder Sonnenblumenmark, welche an einem Faden entweder einzeln, oder paarweise aufgehangen sind, untersucht. Werden daher (Fig. 123.) die Kügelchen α, β mit Glas (+ E) elektrisirt, so müssen sie sich fliehen, aber von einem andern, welches mit Harz (— E) elektrisirt ist, angezogen werden.

Zusatz 5. Adams hat über den elektrischen Zustand, in welchen Körper durch Reibung mit andern versetzt werden, folgende Tabelle entworfen:

Katzenhaare + mit jedem Stoffe.

Glattes Glas + mit jedem Stoffe, Katzenhaare ausgenommen.

Mattes Glas
+ mit trocknem Wachstaffet, Schwefelmetalle,
— mit Wollenzeug, Federkiel, Holz, Papier, Siegellack, weissem Wachs, der Hand.

Tourmalin
+ mit Bernstein, Luft, die aus Blasebälgen darauf bläst,
— mit Diamant, und der Hand.

Haasenfell
+ mit Metallen, Seide, Magnetstein, Leder, der Hand, Papier, gedörrtem Holze,
— mit andern feinern Fellen.

Weisse Seide
+ mit schwarzer Seide, Metallen, schwarzem Tuche,
— mit Papier, der Hand, Haaren, Wieselfell.

Schwarze Seide
+ mit Siegellack,
— mit Fellen, Magnetstein, Messing, Silber, Eisen, der Hand.

Siegellack
+ mit Metallen,
— mit Fellen, der Hand, Leder, Wollenzeug, Papier.

Gedörrtes Holz
+ mit Seide
— mit Flanell.

414. Ueberdieß unterscheiden sich die Körper in Bezug auf Elektrizität dadurch, daß einige den erregten elektrischen Zustand leicht und schnell durch sich fortpflanzen, andre nicht. Schon oben (411. Zus. 1.3.) ergab sich in dieser Hinsicht ein bedeutender Unterschied in der metallenen und gläsernen Stange. In jener trat die Differenz nur an den Extremitäten, in dieser in abwechselnden Reihen hervor.

Zusatz 1. Pristley und Cavallo haben sehr weitläufige Tabellen über diesen Gegenstand, den man mit dem Namen „Leitung" bezeichnet, geliefert. Als gute Leiter zeichnen sich vorzüglich die Metalle und die tropfbaren Flüssigkeiten, die Oele ausgenommen, aus. Die besten Nichtleiter sind Glas, Seide und Harz.

Zusatz 2. Körper, welche nur sehr wenig leiten, heissen Halbleiter, und es kann ein Körper unter verschiedenen Umständen bald ein guter, bald ein schlechter Leiter seyn.

Zusatz 3. Ein guter Leiter verliert seinen elektrischen Zustand durch Berührung mit einem andern, welcher mit der Erde in Verbindung ist, mit Einem Male.

Zusatz 4. Von einem Körper, welcher von lauter Nichtleitern umgeben ist, sagt man, er sey auf einer Insel (isolirt.).

415. Nach diesen allgemeinen Ansichten wird es leicht, die verschiedenen elektrischen Apparate, und ihre Wirkungen zu erklären. Eine elektrische Maschine heißt überhaupt jede Anrichtung, welche die elektrischen Phänomene in einem erhöhten Grade darzustel-

len vermag. Die wesentlichen Theile so einer Maschine sind a) ein Körper, der zu elektrischen Erscheinungen erregt werden soll, wozu man sich gewöhnlich des Glases bedient, b) ein Körper, welcher als erregender betrachtet wird, und mit dem vorigen die elektrische Differenz constituirt, wozu besonders Metalle, und diese vorzüglich in Amalgamform angewendet werden, c) ein dritter Körper, welcher den im ersten Körper entstandenen elektrischen Zustand leicht an sich hervortreten läßt (erster Leiter.). Dazu dient gewöhnlich eine metallene Röhre, d) eine mechanische Anrichtung, um den Körper a über den Körper b leicht und geschwind reiben zu können.

Da nach Adam's Tabelle (413. Zus. 5.) Glas mit jedem Körper gerieben + E zeigt, so wird der Reibzeug den elektrischen Gegensatz (— E) zeigen. Eben so die dem Glase zugekehrte Extremität des ersten Leiters mit — E, die davon abgekehrte aber mit + E erscheinen. Nähert man diesem ersten Leiter einen andern Körper mit — E, oder ○E, so nimmt auch er, wenn er isolirt ist, den nämlichen elektrischen Zustand an, oder es erstirbt die elektrische Spannung, wenn dieser Körper in Verbindung mit der ganzen Erde entgegenwirkt. Dann geben weder der erste Leiter, noch der genäherte Körper weiter elektrische Erscheinungen.

Zusatz 1. Daher muß auch der erste Leiter isolirt, der Reibzeug aber, um immer neuerdings die Differenz hervorrufen zu können, mit der Erde in Verbindung seyn.

Zusatz 2. Wollte man hingegen an dem Reibzeuge die Phänomene von — E haben, so müßte er

isolirt, der erste Leiter aber mit der Erde in Verbindung seyn.

Zusatz 3. Die Form des Glases ist zwar willkührlich. Allein die geringere Gebrechlichkeit, die grössere geriebene Fläche, die Leichtigkeit + und — zu elektrisiren, geben der Cylinderform bedeutende Vorzüge.

Zusatz 4. Das Auseinandergehen zusammengebundener Bindfäden, Korkkügelchen, Federn u. dgl. leichter Körper, der sogenannte elektrische Tanz, das Läuten an dem elektrischen Glockenspiele u. s. w. geben an einer solchen Maschine neue anschaulichere Belege für das oben (412. Zus. 2.) angeführte Gesetz.

Zusatz 5. Da die Elektrizität nach der Fläche wirkt, so muß nothwendig die Wirkung nach der Anzahl und der Oberfläche der Leiter (Conductoren) wachsen.

416. Um die elektrischen Erscheinungen mehr zu erhöhen, hatte schon Franklin sein sogenanntes Quadrat erfunden, eine Glastafel, welche auf beyden Seiten mit einer leitenden Fläche überzogen war. Kleist trug diese Anrichtung über auf gläserne, mit einem Boden versehene, innen und aussen bis auf eine gewisse Höhe mit einer metallenen Fläche überzogene Gefässe, deren inneres Belege mit dem ersten Leiter durch eine hervorragende Metallstange in Verbindung gesetzt werden kann. Daher heißt so eine Anrichtung der kleistische Versuch, oder gewöhnlicher von dem Orte der Erfindung die Leidnerflasche.

Wird das innere Belege so einer Flasche mit dem ersten Leiter in Verbindung gebracht, so bildet es mit demselben Einen Körper, wird also auch wie Er + elektrisch. Gemäß dem oben (412.) aufgestellten Gesetze wird also die innere Fläche des Glases — E, die äussere + E, das äussere Belege also selbst — E. Werden die beyden Belege durch einen leitenden Körper selbst in Verbindung gebracht, so hebt sich die in ihnen erregte Differenz durch Einigung auf, und die Flasche zeigt nun keine Erscheinung der Elektrizität.

Zusatz 1. Daher giebt eine Flasche mit dem äussern Belege in Verbindung gebracht, eben so + E, wie die erste. Die innern Belege zweyer gleich stark zu + E erregter Flaschen geben, miteinander in Berührung gebracht, keine elektrische Erscheinung. Die innern Belege zweyer vollkommen isolirter Flaschen, deren äussere Belege mit einander in Verbindung sind, geben entgegengesetzte E, wenn an dem innern Belege der zweyten Flasche eine Ableitung angebracht ist. — Sperrflasche u. s. w.

Zusatz 2. Die Wirkung so einer Flasche wächst nothwendig im Verhältnisse der Oberfläche des innern Beleges, und daher auch im Verhältnisse der Anzahl der miteinander verbundenen Flaschen. — Mehrere miteinander verbundene Flaschen heissen zusammen eine elektrische Batterie.

Zusatz 3. Die elektrische Wirkung des Leiters, und der Flasche ist gewöhnlich von einer Lichterscheinung begleitet. Aber nur dann, wenn die Entladung (wie man sich gewöhnlich auszudrücken pflegt) in einiger Entfernung geschieht. Diese Lichterscheinung

erklärt sich, wie mir scheint, aus der Ansicht, die von dem Lichte überhaupt gegeben worden ist. Durch das Hervortreten der elektrischen Thätigkeit, und den Uebergang von dem + Belege zu dem — Gegensatze wird die angränzende Luft stark expandirt, und erscheint in diesem expandirten Zustande als Licht; „denn, wie Grotthuß sehr richtig bemerkt, „nur ein gewisses (schwer zu berechnendes) Verhält„niß der Expansion und Resistenz ist im Stande, die „Feuererscheinung hervorzubringen." — Für diese Expansion spricht die expansive Natur der + E (413. Zus. 2. 3.), und Beccaria hatte schon behauptet, daß in verdünnter Luft nur + E nicht aber — E mit Lichterscheinung sich zeige. Zwar haben Hildebrandt's Versuche nachgewiesen, daß auch — E Lichterscheinung zu geben scheine, aber auch sie thun dar, daß — E in dieser Hinsicht von + E weit übertroffen werde. Ferner geht aus Hildebrandt's Versuchen hervor, daß das Lichtband von dem positiven Drathe bis zu dem Teller der Luftpumpe, oder den auf demselben angebrachten Aufsatze, desto stärker werde, je mehr unter der Glocke die Luft verdünnt war, weil eine ohnehin schon verdünnte Luft leichter in den Expansionszustand versetzt wird, in dem sie als Licht erscheint. Zugleich hat an + E ungleich gröffere Wärmeentwicklung (Expansion) Statt, als an — E, welches gleichfalls der angegebenen Meinung sehr zusagt.

Zusatz 4. Das Geräusch, welches man bey der Entladung einer Flasche vernimmt, ist wahrscheinlich nichts, als die Wirkung des augenblicklichen Ausdehnens und Wiederzusammenziehens der Luft.

Zusatz 5. Vertreten Theile des thierischen Körpers die Stelle eines Ausladers, so empfindet man besonders an den Gelenken eine oft sehr empfindliche Erschütterung, welche nur der minder starken Leitung, und dem dadurch wachsenden Widerstande zugeschrieben werden kann.

Zusatz 6. Die Wirkungen grosser Batterien sind sehr mächtig. Ein dünner Drath wird geschmolzen, ein dickerer glühend, kleine Thiere getödtet, brennbare Körper entzündet, andre zerstöret u. s. w.

417. Der Elektrophor, in der Grundlage eine Erfindung Wilke's, in der dermaligen gewöhnlichen Form aber Volta's, hat seinen Namen daher, weil er die einmal erhaltene Elektrizität lange Zeit behält. Seine wesentlichen Theile sind a) ein leitendes Gefäß, in welchen b) ein Harzkuchen gegossen ist, und c) ein leitender Deckel (Trommel), welcher an einem isolirenden Körper in die Höhe gehoben werden kann. Wird ein Elektrophor durch Reibung mit Katzenfell oder Fuchsruthe elektrisirt, so giebt er im unisolirten Zustande folgende Phänomene:

a) Wird die Trommel aufgelegt, und wieder aufgehoben, ohne mit dem Finger oder einem andern Leiter berührt worden zu seyn, so giebt sie kein Zeichen der Elektrizität;

b) Berührt man sie aber, so entsteht ein Fünkchen, und aufgehoben zeigt sie + E;

c) Aeussert aber keine Wirkung, so lange sie auf dem Kuchen liegt.

Es ist einleuchtend, daß sich diese Phänomene eben so, wie die der Leidnerflasche (416.) erklären lassen, indem hier Trommel und Gefäß die Stelle

des innern und äussern Beleges, der Harzkuchen die Stelle des Glases vertritt.

Zusatz 1. Da Glas durch Reibung + E zeigt, so werden die Phänomene eines Elektrophors, in dem sich anstatt des Harzkuchens eine Glasplatte befindet, den vorigen entgegengesetzt seyn.

Zusatz 2. Weber's sogenanntes Luftelektrophor, der aus einer auf einem Rahmen gespannten Glanzleinwand, Wollenzeuge u. dgl. besteht.

418. An den bis jetzt beschriebenen elektrischen Apparaten wurde die elektrische Differenz immer durch Reibung heterogener Stoffe hervorgebracht. In andern äusserst wichtigen Apparaten aber gehen eben diese Erscheinungen durch das Ineinanderwirken heterogener Körper ohne Reibung hervor. Diese Erscheinungen führen von ihrem ersten Entdecker, Galvani, den Namen der galvanischen.

Zusatz 1. Man hatte gezweifelt, ob die elektrischen und galvanischen Erscheinungen gleicher Natur seyn könnten. Aber „Volta hat, wie La Lande sich in „einem Briefe an v. Zach ausdrückt, durch seine zu „Paris gemachten Versuche alle Ungläubige bekehrt, „und bis zur Evidenz bewiesen, daß der Elektrismus und Galvanismus Ein und das Nämliche „seyen."

Zusatz 2. Gemäß dem Zufalle, welcher auf die Entdeckung dieser Erscheinungen führte, und den ersten darüber gemachten Versuchen glaubte man, die Ursache derselben liege im Organischen, und nannte sie daher, weil man vorzüglich mit Thieren operirt hatte, thierische Elektrizität. Volta aber zeigte, daß die Ursache der in der unorganischen Natur (im Ge-

genwirken zweyer heterogener Körper, vorzüglich Metalle) liege, und der organische Körper sich nur wie ein sehr empfindlicher Elektrizitätsmesser verhalte.

Zusatz 3. Für die eine Seite taugen vorzüglich Platina, Gold, Silber und Kupfer, für die andere aber ist Zink das vorzüglichste Metall.

419. Man unterscheidet hier einen zweyfachen Apparat, nämlich a) den einfachen, welcher aus einem Kupfer- oder Silberstücke und aus einem Zinkstücke besteht, welche entweder unmittelbar oder durch gute Leiter (Excitatoren, Connectoren, Conductoren) in Verbindung gebracht werden. So eine Verbindung heißt eine Kettenverbindung.

Zusatz 1. Wirkt diese Kette auf einen Nerven und Muskel, so leidet er Zusammenziehungen, welches nicht geschieht, wenn die beyden Metalle durch einen Nichtleiter in Verbindung gebracht werden. Diese Erscheinungen erfolgen auch, wenn der Nerve mit Staniol umlegt (armirt) wird, und der Muskel mit Silber in Berührung ist, durch Verbindung mittels eines Excitators.

Zusatz 2. Diese Contractionen wachsen mit den Flächen, in welchen die Metalle die organischen Theile berühren, so klein auch übrigens die Berührungsfläche der Metalle unter sich ist.

Zusatz 3. Legt man die Zunge zwischen ein Zink- und ein Silber- (Kupfer-) stück, welche miteinander in Berührung gebracht werden können, so empfindet man einen eigenen salzigen Geschmack. Bringt man die zwey Metalle an die beyden Kiefer, oder an die beyden Augen, so nimmt man bey jeder Berührung ein plötzliches schwaches Licht wahr.

420. Neun Jahre hindurch wurden die obigen Versuche mit vielerley Modificationen, aber ohne wesentliche Erweiterung von Tausenden wiederholt, bis Volta 1800. die sogenannte galvanische oder volta'sche Säule erfand. Die Erbauung dieser Säule setzt als nothwendige Bestandtheile 3 Körper, von welchen der eine nothwendig tropfbar-flüssig seyn muß, voraus. Die wirksamsten festen Körper sind die oben (418 Zus. 3.) angeführten Metalle, deren Stelle auch durch Kohlen ersetzt werden kann. Unter den tropfbar-flüssigen Körpern giebt Wasser die kleinste Wirkung. Die Säule ist daher nichts, als eine öftere Wiederholung der nämlichen Verbindung von zwey heterogenen Metallen durch den tropfbar-flüssigen Körper.

Zusatz 1. Der Bau der Säule selbst ist verschieden. Gewöhnlich bauet man in folgender Ordnung: Zink (Z), Flüssigkeit (W), Silber oder Kupfer (S), so, daß Z. W. S. Z. W. S. u. s. w. die ganze Säule giebt, in welcher Z den Anfang, S das Ende macht.

Zusatz 2. Die Säule kann aber eine stehende, oder liegende seyn. Die erstere Art, wie AB (Fig. 126.) hat den Nachtheil, daß die Flüssigkeit, welche durch eingetauchte Papp- oder Tuchscheiben zwischen die Metalle gebracht worden ist, in den untern Schichten durch das Gewicht der obern ausgedrückt wird. Deßwegen theilt man die Schichten auf mehrere Säulen ab, wie AB, CD, EF, welche durch metallene Dräthe so verbunden sind, daß das letzte obere S der ersten mit dem ersten untern Z in Berührung kömmt. Die liegenden Säulen unterscheiden sich von den stehenden nur durch ihre Lage, wirken

aber, weil sie die Nachtheile der stehenden nicht treffen, gewöhnlich mehr als diese.

Zusatz 3. Einrichtung der Trog- und Becher-Apparate.

Zusatz 4. An allen diesen Anrichtungen heißt immer das erste Z und das letzte S Pol, und zwar nach dem schließenden Metalle Zinkpol und Silberpol. Sonst heißt jener auch +, oder Oxygenpol, dieser —, oder Hydrogenpol.

Zusatz 5. Die Wirkung einer Säule gründet sich auf die einfache Zusammensetzung von ZWS, in welcher die Differenz durch die Oxydation des Z und S durch W hervorgebracht, und, so lange sie fortdauert, unterhalten wird. Die Säule ist daher in dieser Hinsicht nichts, als ein n mal wiederholtes ZWS. Zugleich ist aber durch die unmittelbare Berührung des heterogenen S und Z eine zweyte Differenz statuirt, und es wächst daher mit jedem SZ, und jedem ZWS die elektrische Differenz zwischen dem ersten Z und letzten S.

Zusatz 6. Diese Behauptung weiset sich a) durch Volta's Erfahrung, daß S und Z im unmittelbaren Contacte ungefähr 3° Elektrizität zeigen, und zwar Z + E, S — E, b) durch Parrot's Versuche, gemäß welchen Z auf einer mit verdünnter Salpetersäure getränkten Pappscheibe $7\frac{3}{5}°$ — E, S unter der nämlichen Bedingung 6° — E, die Pappscheibe auf Zink aber $12\frac{3}{4}°$ + E, und dieselbe auf Kupfer 9° + E zeigt, empirisch nach.

421. Auch in den galvanisch-elektrischen Erscheinungen offenbart sich das allgemeine Gesetz der Einigung

des Heterogenen, und des Fliehens des Homogenen. (411.); denn

Zwey abgesonderte Goldblättchen, welche mit den beyden Polen der Säule in Verbindung stehen, nähern sich einander. Dagegen divergiren 2 solche Blättchen, welche an Einem Leiter hängen, wenn sie mit Einem Pole der Säule in Verbindung stehen; die Divergenz hört aber sogleich auf, sobald man den entgegengesetzten Pol in Verbindung bringt, und zeigt sich sogleich wieder, wenn die Gegenwirkung des zweyten Poles wieder aufhört.

Zusatz 1. Deßwegen kann es schon nicht mehr auffallen, daß die obigen Phänomene auch abwechselnd durch Operation mit einer elektrischen Flasche, und einer Säule gelingen, daß eine durch die Säule elektrisirte Flasche die nämlichen Phänomene zeigt, wie eine zu gleicher Intensität an einer elektrischen Maschine erregte u. s. w.

Zusatz 2. Die Lichterscheinung zeigt sich daher auch an der galvanischen Säule, wenn man die Dräthe, welche die Säule schließen, miteinander, oder einen solchen Drath mit dem entgegengesetzten Metalle in Berührung bringt, oder wenn eine metallene Spitze in einer Barometerröhre einer Quecksilberfläche gegenübersteht u. s. w.

Zusatz 3. Deßwegen sind auch alle Leiter der Elektrizität auch Leiter der galvanischen Wirkung.

422. Die Geschwindigkeit, mit welcher sich die Elektrizität durch einen guten Leiter fortpflanzet, ist ungeheuer, wie angestellte Versuche bewiesen haben. Eine Meile wird in weniger als einer Sekunde, 250

(nach Ermann) und 4000 Fuß (nach Basse) werden momentan durchlaufen.

Zusatz. Obschon sich die Art der Fortpflanzung an guten Leitern nie wahrnehmen läßt, so schließt doch Oersted mit vieler Wahrscheinlichkeit aus der Abwechslung der + und — E an mehrern miteinander in Verbindung gestandenen guten, oder an Einem schlechten Leiter (411. Zus. 1. 2. 3.), aus dem theilweisen Schmelzen eines Metalldrathes, aus den von ihm gebildeten Figuren, wenn er zu Dampf verwandelt wird u. s. w., daß diese Fortpflanzung „mit regelmässig abwechselnden Expansionen und Contractionen (undulatorisch)" geschehe, welcher Meinung schon die allgemeine Ansicht der Elektrizität ganz vorzüglich zusagt.

423. Die Intensität der elektrischen Erscheinungen mißt man durch Elektrometer. Sie geben aber entweder das Maas durch die Entfernung, auf welche die Wirkung reicht, an, wie das Lane'sche und Henly'sche Funkenelektrometer, oder (gewöhnlicher) durch die Divergenz, in welche zwey Körperchen durch die elektrische Wirkung kommen. Dazu dienen Korkkügelchen an gummirten Zwirnfäden, oder Strohhalme in kleinen metallenen Ringen, oder (am empfindlichsten) Goldblättchen an einem gemeinschaftlichen Leiter (Bennet's Elektrometer).

Zusatz 1. Wenn (Fig. 127.) der Winkel ACB die Divergenz angiebt, in welche die Körperchen des Elektrometers durch elektrische Wirkung gekommen sind, so wirken auf dieselbe sowohl ihre Schwere p, in der senkrechten Richtung de, als die elektrische Repulsion r in der horizontalen Richtung df. Wenn

nun de = p, und df = r = eB, so wird (de als Radius angenommen)

$$eB : de = r : p = \text{tang. } edB : \text{Sin. tot.}$$

$$r = \frac{p.\ \text{tang. } edB}{\text{Sin. tot.}},$$ oder bey der Kleinheit der Winkel

$$r = \frac{p.\ edB}{\text{Sin. tot.}}$$

Zusatz 2. Henly's gewöhnlicher Quadranten-Elektrometer ist nur eine Modification der vorher angegebenen, indem er nur aus Einem Körperchen besteht, welches von einem Stabe, der auf dem Conductor fest steht, abgestossen wird, und an einem eingetheilten Quadranten die Entfernung aus der senkrechten Lage mißt.

Zusatz 3. Coulomb hatte durch seine Drehwage gefunden, daß die Intensität der Elektrizität (Repulsion) stehe im umgekehrten Quadratverhältniß der Abstände. Man nahm es auch unbedingt als Gesetz an. Allein Simon's Versuche mit seiner kleinen gläsernen Wage zeigen, daß diese Intensität nur im umgekehrten einfachen Verhältnisse der Entfernungen stehe.

Zusatz 4. Die chemische Wirkung einer galvanischen Säule messen Gay Lussac und Thenard aus der Quantität des in der nämlichen Zeit unter ganz gleichen Umständen aus Wasser erzeugten Gases (413. Zus. 3.) und sie fanden, daß

a) eine Säule stärker wirkt, wenn der flüssige Leiter eine mit einem Salze gemischte Säure, als wenn er reine Säure ist;

b) im zweyten Falle aber desto stärker, je concentrirter die Säure ist;

c) Säuren wirken aber mehr, als Alkalien, und diese mehr, als die aus ihnen entstandenen Salze;

d) Die Wirkung der Säule ist den Cubikwurzeln der Anzahl der Plattenpaare ziemlich proportional;

e) Die Wirkung der Säule wächst im geraden einfachen Verhältnisse der Oberfläche der Platten.

424. Um kleine Grade der Elektrizität zu verstärken, dient der Volta'sche Condensator. Er besteht aus einer schlechtleitenden Platte, z. B. Marmor, trockenes Holz u. dgl., und einem metallenen Deckel, wie bey dem Elektrophor (417.). Berührt man diesen Deckel mit einer entladenen Flasche, welche gar keine Spur von Elektrizität mehr gezeigt hat, so giebt er nach seiner Entfernung von der Platte Funken, zieht Kügelchen an, oder macht sie divergiren u. s. w.

Zusatz 1. Eine andere Einrichtung zeigt Fig. 128. abcd ist ein Goldblättchen Elektrometer, mit dessen Leiter ef die polirte metallene Platte gh verbunden ist, ik ist eine andere solche Platte (Deckel), welche an der Glasstange lm erhoben werden kann.

Wird ik nichtisolirt der Platte genähert, indessen der Körper, dessen Elektrizität untersucht werden soll, gh berührt, so werden nach Entfernung des Körpers und des Deckels die Goldblättchen mit grosser Divergenz auseinander gehen.

Zusatz 2. Bennet's Duplicator ist dem Condensator ähnlich. Er besteht, seiner ersten Erfindung

nach, aus drey mit Staniol überzogenen Scheiben A, B, C von 4 bis 5 Zoll Durchmesser, von welchen A nach unten, B an der Seite, C nach oben isolirt ist. Ueberdieß ist die obere Seite von A, beyde Seiten von B, und die untere Seite von C mit dünnem Firnisse überzogen. Will man dieses Werkzeug gebrauchen, so wird B auf A gesetzt, ein Finger auf B, der Körper aber, dessen Elektrizität untersucht werden soll, an die untere Seite von A gebracht. Ist nach dieser Berührung der Körper von A und der Finger von B weggebracht, so setzt man (ϕ) C auf B, nimmt C und B isolirt von A weg, und berührt C. Jetzt stellt man B und C wieder auf A, hebt C in die Höhe, und bringt seine Elektrizität an die untere Seite von A, während man B mit dem Finger berührt, und fängt die Manipulation wieder (von ψ) an. Wiederholt man sie einige Male, so äussert sich die vorher unmerkliche Elektrizität verstärkt.

Zusatz 3. Uebrigens bedient man sich jetzt auch zweyer Condensatoren, welche zusammen als Duplicator wirken, indem die durch den einen verstärkte Elektrizität an dem zweyten, und umgekehrt immer verstärkt wird.

Zusatz 4. Cuthberson's Collector unterscheidet sich von der so eben beschriebenen Anrichtung nur dadurch, daß der zweyte Condensator einen kleinern Durchmesser hat, als der erste, und die an diesem verstärkte Elektrizität auf jenen übertragen wird.

425. Die elektrischen Erscheinungen sind, wie wir bisher gesehen haben, die Erscheinung der Flächendifferenz, und ihrer Einigung. Wirken nun zwey

differente Körper auf Eine Masse, so muß auch in ihr die Differenz erregt werden. Deßwegen ist der Elektrismus zwar an sich Flächendifferenz, aber in seiner Tendenz und in seiner Wirkung auf andre Substanzen erscheint er als chemisch (der Masse nach) differenzirend, in so ferne er das Innere der Masse ergreift. Man hat daher nicht ohne Grund behauptet, aller Chemismus sey durch Elektrizität vermittelt. Unter andern hat Ritter geradezu behauptet, jeder Oxydationsprozeß sey ein elektrischer (galvanischer), und Davy „glaubte, daß chemische Verwandtschaft, und „elektrische Kraft vielleicht nur verschiedene Aeusserungen einer und derselben Eigenschaft der Materie „sind u. s. w.“

Zusatz 1. Deßwegen wird es nun schon begreiflich, wie durch Elektrizität eine Erhöhung der Expansion möglich wird, und wie Adam und van Marum ein fahrenheitisches Thermometer durch sie um 42°, und sogar 170° steigen sehen konnten.

Zusatz 2. Deßwegen werden Flüssigkeiten, welche unelektrisirt durch ein Haarröhrchen, oder aus einem Schwamme nur tropfenweise fielen, in einen ununterbrochenen Strom durch Elektrizität gebracht, und feste und flüssige Körper erkalten (nach Schübler) schneller. Ihre, und wahrscheinlich aller wenig verdünstenden Flüssigkeiten Temperatur sinkt im elektrischen Zustande schneller zu der des umgebenden Mediums, die der leicht ausdünstenden Flüssigkeiten selbst bedeutend unter dieselbe herab.

Zusatz 3. Daher schmelzen durch eine elektrische Batterie, oder galvanische Säule Metalldräthe, und lassen auf unterlegtem Papiere oder Glase die Spuren

ren ihrer Auflösung in Dampfform zurück. Daher entzünden sich Wasserstoffgas, Aether und Weingeist selbst durch einen einfachen elektrischen Funken.

Zusatz 4. Nicht nur zu grösserer Fluidisirung wirkt die Elektrizität mit, sondern bewirkt auch wirkliche chemische Zersetzungen. So entwickelt sich (nach Priestley) aus allen Arten von Oelen durch Elektrizität Wasserstoffgas, und vorzüglich interessant ist die Zersetzung des Wassers sowohl durch gemeine, als galvanische Elektrizität in Sauerstoff- und Wasserstoffgas. Bringt man nämlich in eine mit Wasser gefüllte Glasröhre Metalldräthe, so, daß sie einander gegenüberstehen, und einer derselben mit dem Conductor, der andere mit dem Reibzeuge der Maschine (+ und — Pole der galvanischen Säule) verbunden ist, so wird das Wasser in Sauerstoff- und Wasserstoffgas zersetzt. — Nach Ritter läßt sich dieser Versuch durch die gemeine Elektrizität am besten dadurch anstellen, daß man sich eines Zinkes, und eines Platinadrathes bedient, jenen mit dem + Conductor, diesen mit dem — Reibzeuge, oder der Erde verbindet, und die Dräthe bis auf 3 Linien einander nähert. — Sind bey der galvanischen Säule die Dräthe von den schweroxydablen Metallen Platina oder Gold, so entwickelt sich an dem Drathe des + Poles der Säule Sauerstoffgas, an dem Drathe des — Poles aber Wasserstoffgas. An leichter oxydablen Dräthen Silber, Kupfer u. s. w. aber verbindet sich der Sauerstoff sogleich mit dem Drathe, an dem es entwickelt wurde, und oxydirt denselben.

Zusatz 5. Schon Priestley hatte beobachtet, daß sich Lakmustinctur, durch welche er einige elektrische

Schläge gehen ließ, da, wo sie mit der atmosphärischen Luft in Berührung stand, röthete und daraus auf Zersetzung der atmosphärischen Luft (Salpetersäure-Bildung) geschlossen. Das Nämliche geschieht am Zinkpole der galvanischen Säule. — Kohlensaures Gas ändert sich (nach Priestley) durch gemeine Elektrizität in ein mit dem Wasser nicht mehr mischbares Gas um, und dabey wird das Quecksilber, welches die Röhre schließt, oxydirt. Die galvanische Säule giebt einen ähnlichen Erfolg auf das Quecksilber, wenn eine feine eiserne Drathspitze von einem Pole der Säule einer isolirenden Quecksilberflasche mit dem andern Pole in Verbindung gebracht wird.

Zusatz 6. Sehr merkwürdig ist aber die von Humphry Davy 1807. gemachte Entdeckung über die Wirkung der galvanischen Säule auf Alkalien. Er fand, daß sie metallisirt werden. Um dieses sogenannte davy'sche Metall darzustellen, muß man sich breit- und vielplattiger Säulen bedienen, welche durch eine Mischung von Kochsalz- und Salmiaklösung befeuchtet ist. Man bringt dann den eisernen oder aus Platina verfertigten Drath des Zinkpoles in etwas angefeuchtetes Kali, welches auf einer isolirenden Glasfläche liegt, schließt die Säule mit dem Drathe des Silberpoles so, daß zwischen den Dräthen noch eine Kalischichte von einigen Linien Länge bleibt. Ist die Wirkung der Säule stark genug, so bemerkt man am Zinkpole kleine glänzende dem Quecksilber ähnliche Kügelchen, welche eben das davy'sche Metall sind.

Diese Kügelchen verbrennen aber in der umgebenden (besonders feuchten) Luft bald wieder zu Kali, oder wenn man sie unmittelbar nach ihrem Entstehen mit

dem Silberpole berührt; lassen sich aber aufbewahren durch schnelles Untertauchen in reflectirtes Bergöhl.

Die Eigenschaften dieses Productes sind:

a) es ist specifisch leichter, als Wasser, und zwar (nach Gay Lussac und Thenard) = 874 : 1000.

b) Mit Wasser in Berührung gebracht, und in Sauerstoff verbrennt es schon bey gewöhnlicher Temperatur, und wird wieder zu Kali.

c) In atmosphärischer Luft entzündet es sich zwar auch, nimmt aber zuerst eine blaue Farbe an, und schmilzt. Bey dem Verbrennen läßt es Stickgas zurück.

d) Davy selbst erklärte dieses Product für reducirte (desoxydirte) Alkalien. Gay Lussac und Thenard glaubten, es für hydrogenisirtes Alkali ansehen zu müssen, pflichteten aber später, wie jetzt alle Physiker, der davy'schen Meinung bey.

426. Die vielen und mannigfaltigen Veränderungen, welche beständig in der Atmosphäre, dieser immer noch viel zu wenig bekannten grossen Werkstätte unermeßlicher Erscheinungen, vor sich gehen, lassen schon im Allgemeinen auf immerwährendes Entstehen und Aufheben elektrischer Differenzen schließen. Franklin machte aber zuerst den Vorschlag, die Vermuthung durch wirkliche Experimente zu untersuchen. Sein Vorschlag wurde auch zuerst ausgeführt 1752. von Dalibard, welcher zu Marly la ville auf freyem Felde eine 40 Fuß lange isolirte Eisenstange errichtete, und sie bey dem ersten Gewitter Funken geben sah. Franklin selbst untersuchte das Nämliche mit

seinem elektrischen Drachen. Viel in dieser Sache haben auch Beccaria, Cavallo, Achard u. a., vor Kurzem Schübler, gethan. Die Instrumente, mit welchen diese Untersuchungen gemacht werden, heissen Exploratoren, und sind entweder tragbare, oder beständige. Zu den ersten gehören der schon angeführte elektrische Drache, die elektrische Angelruthe, und Cavallo's Regenelektrometer, zu den zweyten Richmann's Anrichtung, durch welche er 1762. seinen Tod fand, der von Hemmer auf dem hohen Peissenberg angelegte, und von Schwaiger beschriebene, der von Imhof an dem akademischen Gebäude zu München angelegte Explorator u. s. w.

Zusatz 1. Die Beobachtung dieser Instrumente hat gelehrt: a) daß sich in der Atmosphäre immer, und zwar beynahe immer + E zeige. b) Sie ist aber am stärksten bey heiterm Wetter (Nord- und Ostwinden), am schwächsten bey feuchter warmer Luft, und kurz vor einem Gewitter, und zwar im Winter stärker, als im Sommer. c) Thau und Nebel geben starke E, schwächer Regen- und Schneewetter. d) Schon Seaussure und Beccaria haben auf den regelmässigen Gang ihrer Spannung aufmerksam gemacht, und gezeigt, daß E mit dem Steigen der Sonne zunimmt, bis die Sonne durch den Meridian gegangen ist; Schübler aber hat den Gang desselben genauer beobachtet. Aus den Beobachtungen desselben geht hervor, daß E von 4 bis 8 Uhr Morgens wächst, von 8 bis 5 Uhr Abends abnimmt, von 5 bis 8 Uhr wächst, von 8 bis 4 Uhr Morgens abnimmt, analog dem periodischen Gange des Barometers (312. Zus. 3.).

427. Die atmosphärische Elektrizität äussert sich auf eine prächtige Weise bey Gewittern. Sie ist vor denselben sehr schwach, steigt aber, mit Winden begleitet, schnell bis zum Erscheinen eines Blitzes. Nach einem kurzen Zwischenraume von kaum merklicher Elektrizität steigt sie wieder zu einem neuen Blitze u. s. w. Nun fällt Regen, der selbst sehr stark elektrisch ist. In unserer gemässigten Zone sind die Gewitter im Sommer am häufigsten, und nur selten beobachten wir eines im Winter. In der heissen Zone, unter dem ungleich mehr regelmässigen Himmel derselben, scheint die atmosphärische Elektrizität einen periodischen Gang zu gehen. „Nach 10 Uhr Vor„mittags habe ich, sagt Humboldt, oft nur mit „Mühe einige Bewegung in dem empfindlichsten Ben„net'schen Elektrometer beobachtet. Darauf folgen „aber elektrische Explosionen, welche periodisch sind, „und gewöhnlich in der Ebene 2 Stunden nach der „Culmination der Sonne, also während des Maxi„mums der Wärme Statt finden. In den Flußthä„lern dagegen tretten die Gewitter, mit furchtbaren „Regengüssen begleitet, stäts bey Nacht gegen 12 „oder 1 Uhr ein. In der mittleren Höhe zwischen „923 bis 1026 Toisen sind die elektrischen Explosionen „am geräuschvollsten. Die Gebirgsebenen von Caloto „und Popayan sind besonders wegen der Frequenz „und Stärke des krachenden Donners bekannt. Hö„her hinauf, am Abhange der Andeskette, über 1026 „Toisen Höhe sind die Gewitter seltner, und weni„ger periodisch; aber hier und vorzüglich in 1539 „Toisen Höhe bildet sich ein häufiger Hagel mit — E. „Höher als 1795 Toisen werden elektrische Explo-

„sionen noch seltener. Der Hagel fällt hier ohne „Gewitter.“

Dagegen „kennt man, sagt von Buch, an der „ganzen Westküste von Norwegen kein Gewitter im „Sommer. Sie kommen alle im Winter, und mit „Weststürmen. Sie sind stark auf den Inseln, welche „das Meer unmittelbar berühren, im Innern der „Fiorde sind sie schwächer. Es gehen aber wohl „Jahre vorüber, ehe man ein einziges hört.

Zusatz. Die Erscheinungen und Wirkungen der Gewitter kommen aber immer den Wirkungen und Erscheinungen an elektrischen Maschinen so nahe, daß wir sie in ihrer Ursache wohl als gleich ansehen können. Die bis jetzt angeführten Thatsachen und Erfahrungen nebst den Versuchen mit dem Donnerhause sprechen dafür. Indessen muß man nicht vergessen, daß wir in dem Falle eines Argumentes (wenn ich so sagen darf) a Minimo ad Maximum uns befinden, und Wolff mit Recht sagt: „Was ist denn eine künst„liche Belegung der Gläser an der Maschine von „600 □ Fuß gegen die Belegung einer der geringsten „elektrischen Wolken von 600 □ Fuß? Daß wir „durch die künstliche Elektrizität die Luftelektrizität „nachahmen, und auch in vielen Stücken von dem „grossen allmächtigen Gemählde eine kleine Copie in „Duodez liefern, das leidet keinen Zweifel. Aber „ganz gewiß liegt hier noch etwas verborgen, was „uns noch versagt, die völlige Gleichheit zu be„stimmen.“

428. Offenbar kann die atmosphärische Elektrizität nicht durch Reibung, wie man gemäß ihrem Entstehen an einer elektrischen Maschine geglaubt hat,

entstehen, weil Reibung a) Heterogeneität der sich reibenden Stoffe voraussetzt, und b) Reibung dem Begriffe einer tropfbaren und elastischen Flüssigkeit widerspricht. Eben so wenig scheint mir, sey das Daseyn + und — elektrischer Wolken, wie Volta sie voraussetzte, annehmbar, weil a) die Wolken ein leitendes Continuum bilden, b) in Gebirgen ± E durch die Gegenwirkung, und selbst c) auf dem flachen Lande durch die Leitung des Regens zu der Erde aufgehoben werden müßte. Vielmehr scheint, daß die elektrische Differenz, deren Aufhebung als Blitz erscheint, durch die verschiedenen und mannigfaltigen Processe, welche beständig in der Atmosphäre vorgehen, erst dann entstehe, wenn wir sie wahrnehmen, ungefähr vielleicht so, wie Stoffe, welche wir bey chemischen Operationen wahrnehmen, oft erst in dem Augenblicke gebildet werden, in welchem wir sie wahrnehmen. Nach dieser Vorstellungsart, welche schon De Luc und Lampadius gegeben haben, wäre aber der Blitz nicht eine sogenannte Entladung, sondern ein beynahe momentanes Zugleichentstehen der Elektrizität an verschiedenen Punkten der Atmosphäre.

Zusatz 1. Selbst die französischen Physiker Gay Lussac und Thenard bemerken, das unterbrechende Wirken der Elektrizität beweise, daß keine wirkliche Circulation, sondern nur eine aufeinander folgende Zersetzung und Wiederzusammensetzung der Elektrizität vor sich geht.

Zusatz 2. Man mag aber nun, welche Ansicht man wolle, annehmen, so bleibt immer gewiß, daß auch die Luftelektrizität immer, wie die künstliche, den nämlichen Gesetzen folgt.

429. Dem Blitze folgt gewöhnlich ein dumpfes Geräusch, das man den Donner nennt. Die Ursache mag wohl darin liegen, daß bey jedem Blitze die Luft stark ausgedehnt wird, und wieder zusammenschlägt. Ein elektrischer Funke, welcher aus dem Conductor gezogen wird, giebt ebenfalls ein Geräusch. „Allein was giebt der Donner für neue Aufgaben „gegen den Peitschenschlag unserer Elektrisirmaschinen „gegen den Laut einer Windbüchse, die auf viele „Schritte eine Kugel durch ein Brett treibt, gegen „den Knall des Pulvers, Knallsilbers u. s. w. (Wolff.)" Man suchte das fortdaurende Rollen des Donners durch Widerhall an Gebirgen, oder auch an den Wolken selbst zu erklären. Aber jenes kann nicht auf weiten Ebenen, oder auf der See, dieses nie der Fall seyn, weil elastische Flüssigkeiten die entstandenen Schwingungen selbst annehmen, und in sich fortpflanzen, ohne sie zu reflectiren. Und wie läßt sich das Stärker- und Schwächerwerden des Rollens in abwechselnden Perioden, und, nach Busse's Bemerkung, die Erfahrung erklären, daß der Ton des Rollens weit tiefer gestimmt ist, als der Ton der ersten Explosion? — — Wohl möchte ich mit Wolff auch hier sagen, „daß noch Manches bey diesen „Erscheinungen verborgen liegt, was wir nicht ken„nen, dessen wahrscheinliche Verbindung mit andern „Kräften, deren Hebelarme wir nicht kennen, noch „unbestimmt ist."

Zusatz. Da sich das Licht beynahe momentan, der Schall aber mit 1038 Fuß auf die Sekunde fortpflanzt, so giebt die Zeit zwischen dem Sehen des Blitzes, und dem Hören des Anfangs des Donners ein

ein Maas für die Diagonalentfernung eines Gewitters.

430. Die verheerenden Wirkungen des Blitzes wurden von jeher gefürchtet. Daher suchte man Mittel, sich dagegen zu verwahren. Da man von der Entstehung dieser Erscheinung keine Ursache anzugeben wußte, indem sie noch Plinius vom Mars, Jupiter und Saturn kommen ließ, so war es dem damaligen Geiste der Zeit angemessen, sie einer aussernatürlichen Ursache zuzuschreiben, wie denn die Priscillianisten den Donner als Gepolter der bösen Geister ausgaben. Daher gebrauchte man gegen sie auch aussernatürliche Mittel, geweihte Dinge, Segnungen, Glockengeläute, Kräuter, Wurzeln, mit heiligseynsollenden Sprüchen beschriebene Zettel, u. dgl., weil man wähnte, sie würden die Wettermacher (die bösen Geister) und ihre Gehilfen (die bekannten Hexen) vertreiben. Auch Physiker, welche weit von dem Aberglauben entfernt waren, glaubten, das Geläute der Glocken in hohen Thürmen, und das Schiessen aus großen Gewehren könnte physisch zur Vertreibung der Gewitter wirken, indem sie eine Strömung der Luft, und dadurch auch Bewegung der Gewitterwolken hervorbringen könnten. Allein weder das Läuten noch das Schiessen, wenn es nicht aus großen Batterien und andaurend geschieht, kann dieß bewirken. Im Gegentheile hat das Läuten schon manchem Menschen das Leben gekostet, und die Geschichte der Pariser Academie erzählt einen Fall, in welchem 24 Kirchthürme, in welchen geläutet wurde, auf einmal vom Blitze getroffen wurden, während einige andere,

in welchen man nicht läutete, unbeschädigt blieben. Deßwegen haben es auch viele Regierungen in ihren Ländern gänzlich verbothen.

431. Bessere Mittel gegen die zerstörenden Wirkungen des Blitzes sind die Blitzableiter. Franklin ist der Erfinder derselben, und der von ihm zu Philadelphia auf des Kaufmanns West Hause errichtete bewies 1760. seine Brauchbarkeit, indem ein Blitz seine Spitze einige Zolle herabschmolz, und ohne Schaden abgeleitet wurde.

Zusatz 1. Die wesentlichen Theile eines Ableiters sind a) der Auffänger, gewöhnlich ein nicht zu spitzig auslaufender Kegel von Kupfer, welcher auf einer eisernen Stange über das Gebäude hervorragt, und, um der Oxydation vorzubeugen, vergoldet ist. Mit diesem Auffänger ist b) die Ableitung genau verbunden. Sie ist entweder eine eiserne in ihren Theilen durch eingelegtes Blei genau verbundene, durch Firniß gegen Rost gesicherte an dem Gebäude herablaufende Stange, oder ein Geflechte von einigen Dräthen, das sich in die Erde verliert.

Zusatz 2. Man sieht leicht, daß der Auffänger weggelassen werden kann, wenn das ganze Dach, oder wenigst der Gibel desselben mit Metall gedeckt ist, und die Ableitung damit verbunden wird. — Errichtet man aber Auffänger, so müssen auf größern Gebäuden mehrere derselben errichtet, höchstens in eine Entfernung von 40 Fußen voneinander, auf die erhabensten Theile des Gebäudes gestellt, und selbst wieder miteinander verbunden werden.

Zusatz 3. Die Verhaltungsregeln während eines Gewitters kommen darin zusammen, daß man sich von Leitern so viel möglich, und ohne affectirte Aengstlichkeit entferne, einen erhabenen Leiter aber, z. B. auf freiem Felde einen Baum, in einer mäßigen Nähe (z. B. 16 s 20 Schritte) behalte und für immerwährende Erneuerung der Luft in seinem Aufenthaltsorte sorge.

Zusatz 4. Von den Blitzableitern als Mittel gegen den Hagel ist oben (292.) gesprochen worden.

432. Die Wirkung, welche gemeine und galvanische Elektrizität auf die organischen Theile hervorbringen, haben Gelegenheit gegeben, dieselbe auch zu medicinischem Gebrauch anzuwenden, und man kann nicht läugnen, daß dadurch manche interessante Heilung bewirkt worden ist. Indessen muß sich der Physiker hüten, ohne Zuziehung eines praktischen Arztes eine Behandlung eines Kranken zu übernehmen.

Zusatz 1. Man unterscheidet gewöhnlich 5 Grade des Elektrisirens:

a) das elektrische Bad;
b) das Elektrisiren durch (metallene und hölzerne) Spitze;
c) das Elektrisiren durch stumpfes Metall und Holz;
d) das Funkenziehen aus dem Conductor;
e) elektrische Schläge aus einer Flasche.

Zusatz 2. Bei dem Gebrauche der galvanischen Säule beginnt man mit der einfachen Kette, und steigt durch mehrere Wiederholung derselben.

Zusatz 3. Die nothwendigsten Instrumente sind ein Isolatorium, ein paar metallene Dräthe mit Spitze und Kugel, der Stecher, und ein Lane'sches Elektrometer.

Zusatz 4. Da es ausser dem eigentlichen Zwecke des Physikers liegt, ausführlich über diese Anwendung zu sprechen, so verweise ich den, welcher sich damit weiter befassen will, auf: „Anwendung und Wirksamkeit der Elektrizität zur Erhaltung und Wiederherstellung der Gesundheit des menschlichen Körpers, a. d. Französ. des Abt Bertholon de St. Lazare übersetzt, und mit neuen Erfahrungen bereichert und bestätiget von C. G. Kuhn," und auf „Versuche den Galvanismus zur Heilung einiger Krankheiten anzuwenden, angestellt und beschrieben von C. J. C. Grappengiesser."

Bei dem Verleger dieses Werkes ist zu haben:

Aretins, J. C. F. v., Geschichte der Juden in Baiern. gr. 8. 803. 12 gr. 54 kr.

Ast, D. G. A., Grundriss der Philologie. gr. 8. 808. 2 Rthlr. 3 fl. 36 kr.

Dietl, die schönen Künste und Wissenschaften bilden zur Humanität, eine Antrittsrede. 8. 801. 4 gr. 18 kr.

Drexel, Ant., Anthologie aus Italiens classischen Schriftstellern zur Uebung für Liebhaber der Italiänischen Sprache. 2 Thle. gr. 8. 807 - 8. 3 Rthlr. 5 fl. 24 kr.

— — über Erklärung alter Schriftsteller durch Vergleichung mit neuerer Zeit. 8. 803. 4 gr. 18 kr.

Fesmaiers, J. G., Geschichte von Baiern. gr. 8. 804. 3 Rthlr. 5 fl. 24 kr.

— — Grundlinien zum Staatsrechte von Baiern. gr. 8. 803. 3 gr. 12 kr.

Fingerlos, M., wozu sind Geistliche da? beantwortet. 2. Thle. 2te sehr verm. Aufl. 8. 805. 2 Rthlr. 16 gr. 4 fl.

Gollowitz, D., Anleitung zur Pastoraltheologie im weitesten Umfange. 2 Bde. gr. 8. 803. 2 Rthlr. 8 gr. 3 fl. 30 kr.

Gönner, der Staatsdienst aus dem Gesichtspunkt des Rechts und der Nationalökonomie betrachtet, nebst der Hauptlandespragmatik über die Dienstverhältnisse der Staatsdiener im Königreiche Baiern, mit erläuternden Anmerkungen. gr. 8. 808. 1 Rthlr. 12 gr. 2 fl. 45 kr.

— — auserlesene Rechtsfälle und Ausarbeitungen. 4 Bde. gr. 8. 801 - 5. 7 Rthlr. 8 gr. 11 fl.

— — teutsches Staatsrecht. gr. 8. 804. 3 Rthlr. 5 fl. 24 kr.

Gügler, A., die heilige Kunst, oder die Kunst der Hebräer. 8. 1814. 1 Rthlr. 4 gr. 2 fl.

Grasers, J. B., Prüfung der Unterrichtsmethode der kathol. prakt. Religion von dem Standpunkte der Zweckmäßigkeit aus betrachtet. 2te gänzlich umgearbeitete Auflage. gr. 8. 806. 3 Rthlr. 4 fl. 30 kr.

— — Beobachtungen und Vorschläge über Erziehung und Schulen. 2r Bd. 8. 804. 1 Rthlr. 8 gr. 2 fl.

Kants, J., Logik, ein Handbuch zu Vorlesungen. gr. 8. Königsberg. 800. 12 gr. 45 kr.

Köppens, Fr., Leitfaden für Logik und Metaphysik. 8. 809. 8 gr. 36 kr.

Krüll, Dr. Fr. X., Handbuch des königlich-baierischen gemeinen bürgerlichen Rechts, mit besonderer Rücksicht auf das fränkische und preussische Landrecht. 3 Bände. gr. 8. 808. 6 Rthlr. 16 gr. 12 fl.

— — Prüfung einzelner Theile des bürgerlichen Rechts. 4 Bändchen. gr. 8. 802-4. 1 Rthlr. 22 gr. 2 fl. 51 kr.

— — teutsches Privatrecht. gr. 8. 805. 1 Rthlr 8 gr. 2 fl 24 kr.

Mittermaier, T. J. A., Anleitung zur Vertheidigungskunst im Criminalprozesse. gr. 8. 814. 1 Rthlr. 6 gr. 2 fl. 15 kr.

Rixner's, T. A., Aphorismen aus der Philosophie, als Leitfaden für den ersten Unterricht der angehenden Wissenschafts-Candidaten. 1s Heft 1 u. 2te Abtheil. gr. 8. 809. 10 gr. 45 kr.

Röschlaub, A., an Dr. A. F. Markus, über den Typhus; mit Nacherinnerungen. 8 814. 14 gr. 1 fl.

Schad's, J. B., System der Natur- und Transscendentalphilosophie in Verbindung. 2 Thle. gr. 8. 804-5. 2 Rthlr. 16 gr. 4 fl. 51 kr.

Schellings, F. W. J., Ideen zu einer Philosophie der Natur, als Einleitung in das Studium dieser Wissenschaft. 1r Theil. 2te durchaus verbesserte und mit berichtigenden Zusätzen vermehrte Auflage. gr. 8. 803. 2 Rthlr. 3 fl. 36 kr.

— — philosophische Schriften. 1r Band. gr. 8. 809. 2 Rthlr. 12 gr. 4 fl. 30 kr.

— — Ueber das Verhältniß der bildenden Künste zu der Natur; eine Rede. 4. 808. 12 Gr. 48 kr.

— — Dr. K. E., Ueber das Leben und seine Erscheinung. gr. 8. 807. 18 gr. 1 fl. 20 kr.

Socher, Dr., über die Ehescheidung in katholischen Staaten. gr. 8. 810. 16 gr. 1 fl. 12 kr.

Walther, Ph. Fr., über die angebohrnen Fetthautgeschwülste, und andre Bildungsfehler. m. K. gr. Fol. 1 Rthlr. 1 fl. 36 kr.

— — Physiologie des Menschen mit durchgängiger Rücksicht auf die comparative Physiologie der Thiere zu akadem. Vorlesungen bearbeitet. 2 Bde. gr. 8. 807-8. 3 Rthlr. 8 gr. 6 fl.

5 Bb

Fig. 1.

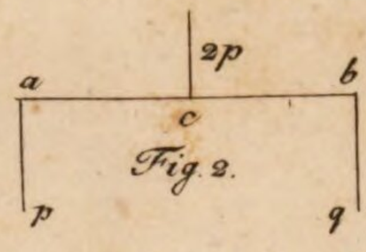


Fig. 2.

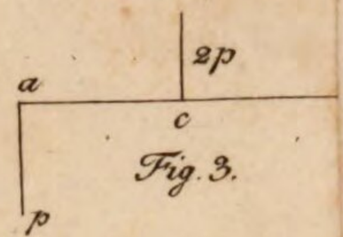


Fig. 3.

Fig. 9.

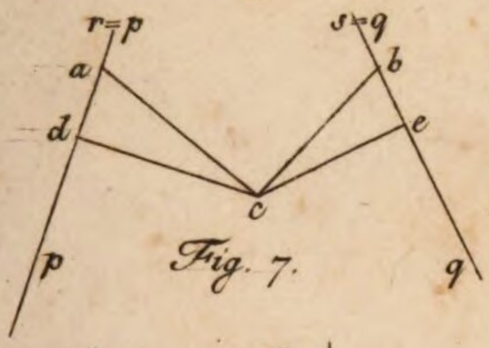


Fig. 7.

Fig. 8.

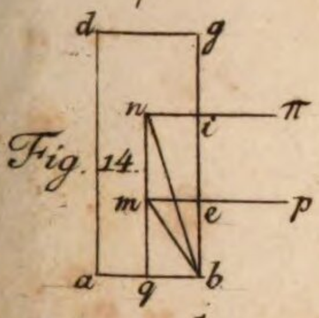


Fig. 14.

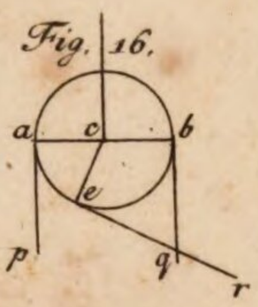
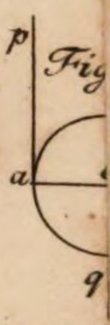


Fig. 16.



Fig

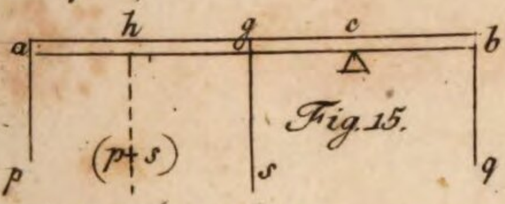
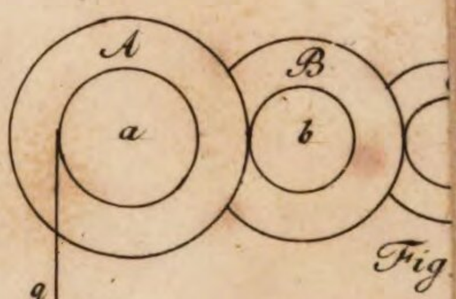


Fig. 15.



Fig

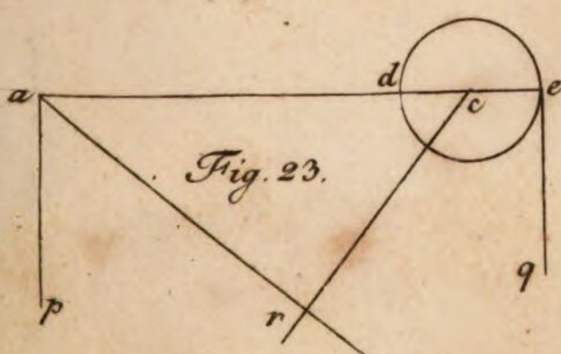


Fig. 23.

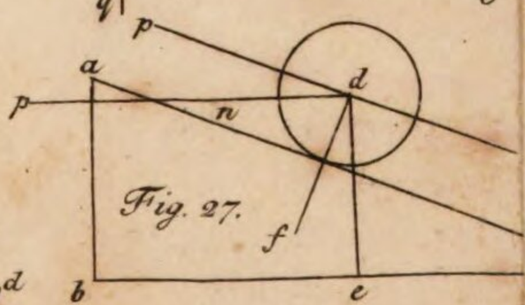


Fig. 27.

Fig. 28.

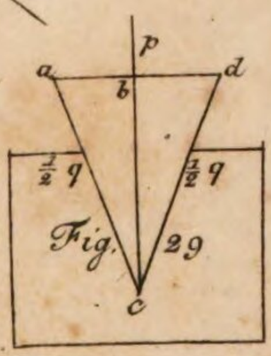


Fig. 29

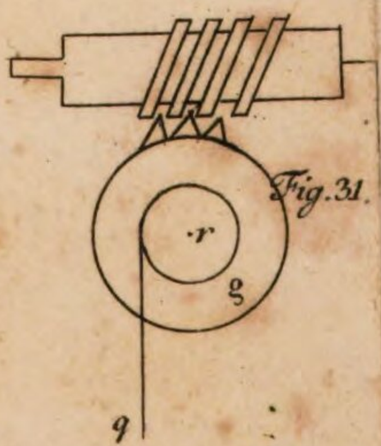


Fig. 31.

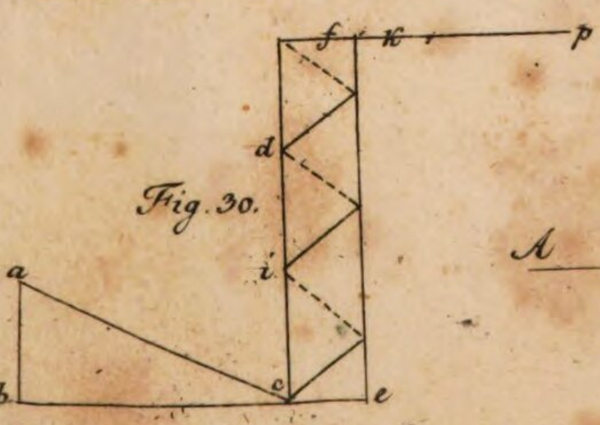
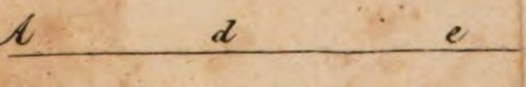


Fig. 30.



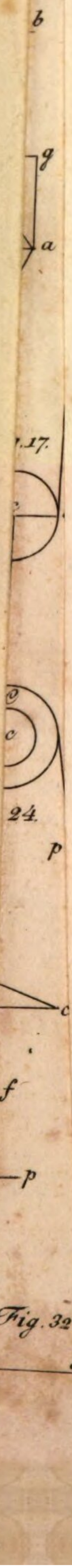
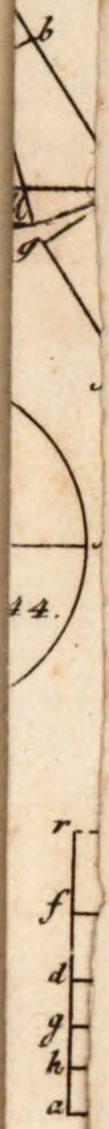
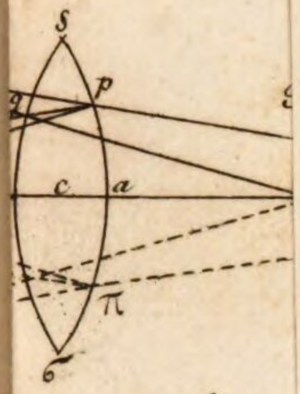


Fig. 32.


b
g
44.

r
f
d
g
h
a

Fig
l
D
L
g
w
75.
P
l
h
d
b
γ
γ'
m
α
SW
SSW
SgW
S
SSO
SO
SOgO
OSO



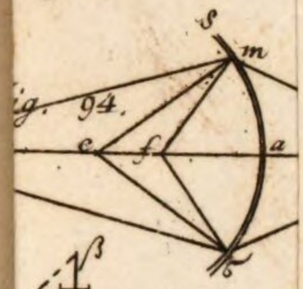
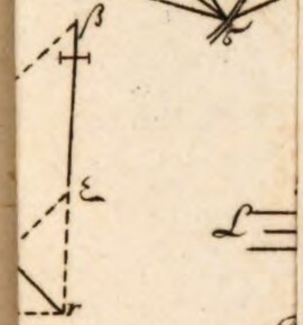
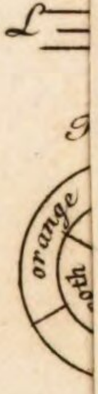


Fig. 94.





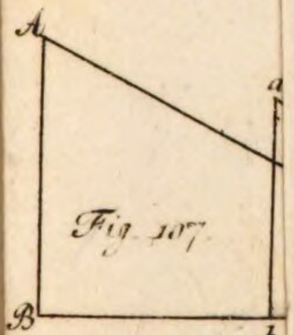


Fig. 107.

Fig. 109.

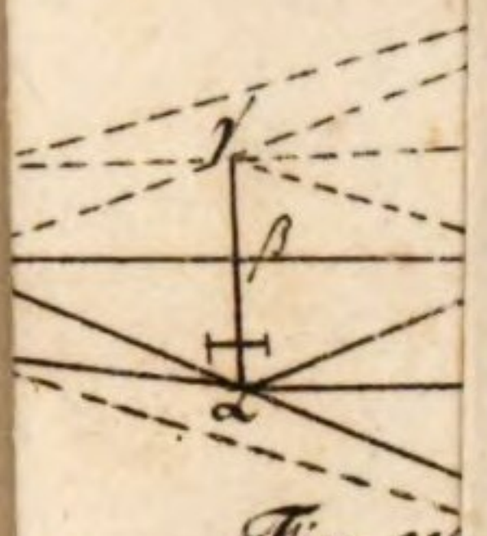


Fig. 11

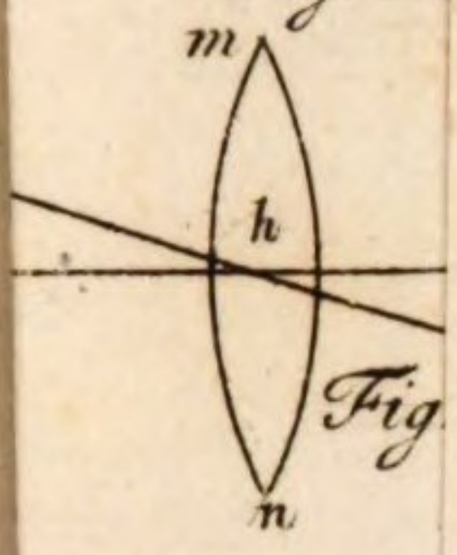
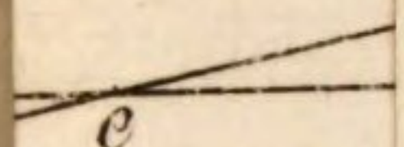
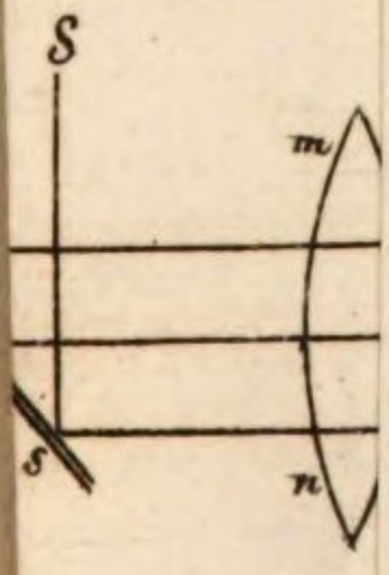


Fig.





ysik.

5 : 7 = 1200 :

5 + 7 = 1200
2x

24x

x + 7x = 1200

12 : 1200 =

12 : 8200

x =

BSB Bayerische StaatsBibliothek

MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Siber, Thaddäus,

Anfangsgründe der Physik und angewandten Mathematik

Landshut 1815

Phys.g. 439
urn:nbn:de:bvb:12-bsb10131999-3